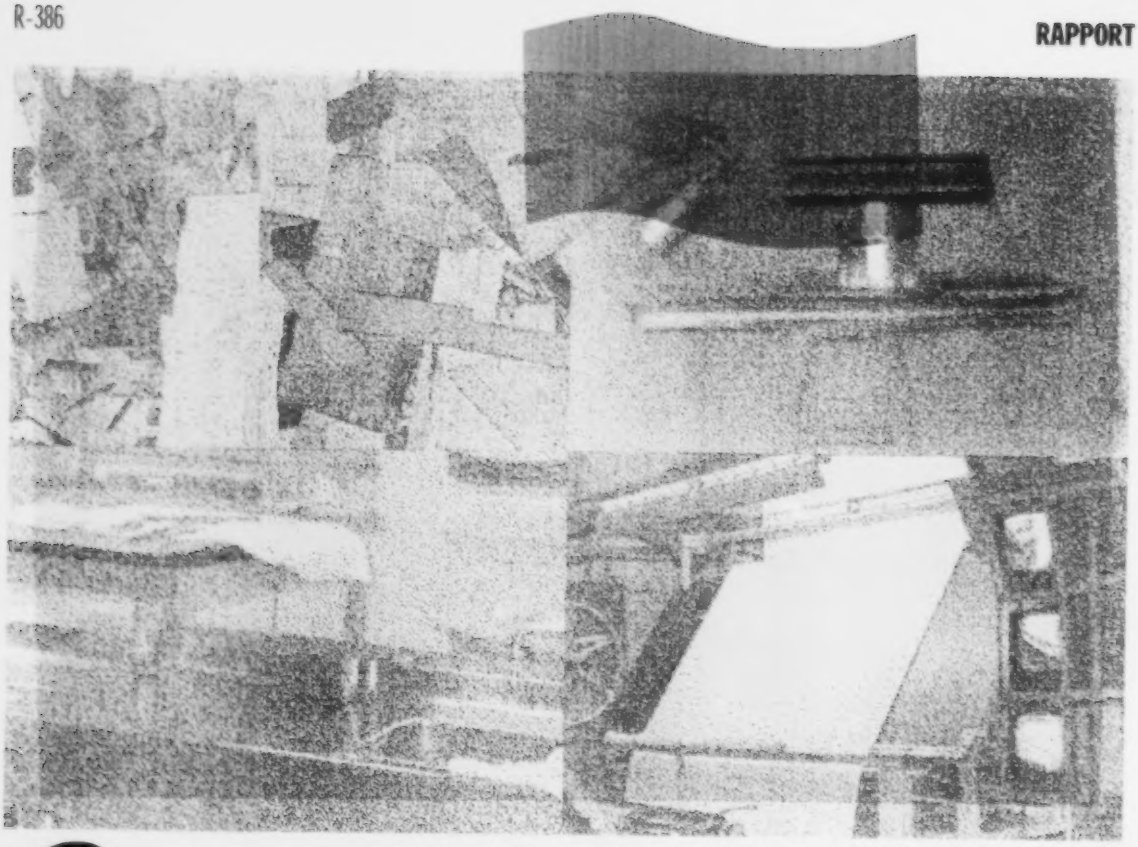
Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde

ÉTUDES ET RECHERCHES

Nicole Goyer
Guy Perrault
Charles Beaudry
Denis Bégin
Michèle Bouchard
Gaétan Carrier
Michel Gérin
Pierre Lefebvre
Nolwenn Noisel

R-386

RAPPORT



irsst

105-06311/

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES *travaillent* pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2004

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

• Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, novembre 2004

Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde

ÉTUDES ET RECHERCHES

Nicole Goyer[1], Guy Perraun[1], Charles Beaudry[2], Denis Bégin[2], Michèle Bouchard[2], Gaétan Carrier[2], Michel Gérin[2], Pierre Lefebvre[3] et Nolwenn Noisel[2]

[1]Hygiène du travail, IRSST
[2]Santé environnementale et santé au travail, Université de Montréal
[3]Sciences économiques, Université du Québec à Montréal

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Cette recherche n'aurait pu être réalisée sans la collaboration de nombreuses personnes.

Nous remercions très sincèrement les gestionnaires, le personnel technique et les travailleurs des établissements pour leur accueil, la qualité de l'information fournie et leur participation active et efficace lors des mesures sur le terrain.

Nous tenons également à remercier les intervenants du réseau public québécois en santé au travail pour leur aide précieuse, leur disponibilité et leur professionnalisme lors des sessions d'échantillonnage.

Les responsables des différents aspects de cette recherche remercient particulièrement les membres du comité technique qui, avec dynamisme et régularité, ont facilité la réalisation de cette recherche. De même, nos remerciements s'adressent aux différents experts qui ont permis de mieux comprendre la réalité québécoise.

À l'interne, les chimistes et techniciens ont réalisé les analyses de façon efficace et rapide et leur collaboration a été très appréciée. On ne saurait passer sous silence le travail minutieux et patient fait par France Lafontaine pour la mise en page et la vérification de tous les documents de cette recherche.

COMITÉ TECHNIQUE

Robert Arcand, Direction de la santé publique de Montréal (jusqu'en juin 2003)
Charles Beaudry, Université de Montréal
Henri Gibeau, Corporation des thanatologues du Québec
Nicole Goyer, IRSST
Laurent Gratton, secrétaire du comité, IRSST (jusqu'en mai 2003)
Michèle Lalonde, Préventex (jusqu'en juin 2003)
Dominique Lebel, Conseil canadien du formaldéhyde
Luc Ménard, CSST
Normand Nault, FTQ
Guy Perrault, IRSST (jusqu'en avril 2003)
Gervais St-Pierre, ASSPPQ
Patrice Tardif, Association des fabricants de panneaux de composites
Raymond Thériault, Association des fabricants de meubles du Québec inc.

ÉQUIPE DE RECHERCHE

- Exposition – données en établissements – IRSST :

Goyer Nicole	Responsable de l'équipe, hygiéniste industrielle CIH
Buissonnet Sophie	Hygiéniste industrielle
Gravel Rodrigue	Technicien
Pellerin Eddy	Hygiéniste industriel
Roberge Brigitte	Hygiéniste industrielle ROH

- Exposition – données de littérature – Université de Montréal

Gérin Michel	Responsable, professeur titulaire, Santé environnementale et santé au travail
Beaudry Charles	Agent de recherche
Bégin Denis	Agent de recherche
Lavoué Jérôme	Étudiant au doctorat
Lobo Gutierrez Claudia Lucia	Étudiante à la maîtrise

- Statistiques – IRSST

Hébert François	Responsable, démographe
Duguay Patrice	Démographe
Massicotte Paul	Spécialiste en base de données
Lemay François	Spécialiste en base de données
Petitjean-Roget Thierry	Statisticien

- Impacts sanitaires – Université de Montréal

Carrier Gaétan	Responsable, professeur titulaire, Santé environnementale et santé au travail
Bonvalot Yvette	Agente de recherche
Bouchard Michèle	Chercheure
Fradet Sandra	Étudiante à la maîtrise
Larouche Lyne	Agente de recherche
Noisel Nolwenn	Agente de recherche

- Impacts socio-économiques – Université du Québec à Montréal / IRSST

Lefebvre Pierre	Responsable de l'équipe, professeur titulaire, sciences économiques, UQAM
Gely Olivia	Professionnelle de recherche, sciences économiques, UQAM
Baril Marc	Professionnel scientifique, IRSST
Perrault Guy	Chercheur, IRSST

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS i
RÉSUMÉ R1
1. INTRODUCTION 1
2. REVUE SUR LE FORMALDÉHYDE 2
2.1 Propriétés physico-chimiques et sources d'exposition professionnelle 2
2.2 Effets sur la santé 2
2.2.1 Effets dus à une exposition aiguë 3
2.2.2 Effets dus à une exposition subaiguë à subchronique 3
2.2.3 Effets dus à une exposition chronique 3
2.2.3.1 Position d'organismes gouvernementaux et autres organismes de recherche dans le domaine de la santé 4
2.2.3.2 Organismes réglementaires en milieu de travail 6
2.2.4. Détermination de la relation exposition-réponse 6
2.3 Valeurs limites d'exposition 7
3. MÉTHODOLOGIE 10
3.1 Groupes 1 et 2 11
3.1.1 Validation des secteurs d'activité économique 12
3.1.2 Identification des établissements et des travailleurs québécois 12
3.1.2.1 Systèmes de classification d'activité économique 12
3.1.2.2 Banques de données 13
3.1.2.3 Autres sources 14
3.1.3 Évaluation des concentrations d'exposition 14
3.1.3.1 Données de la littérature et bases de données 14
3.1.3.2 Mesures en établissements par l'IRSST 15
3.1.3.3 Mesures du réseau public en santé au travail et des entreprises 17
3.1.4 Construction des matrices 19
3.1.4.1 Données de la littérature 19
3.1.4.2 Mesures en établissements par l'IRSST 19
3.1.4.3 Autres mesures en entreprises 21
3.1.5 Identification des déterminants de l'exposition et des sources d'émission 21
3.1.6 Approche méthodologique d'analyse des risques pour la santé des travailleurs 21
3.1.6.1 Approche méthodologique pour les effets dus à une exposition aiguë 22
3.1.6.2 Approche méthodologique pour les effets dus à une exposition subaiguë à subchronique 24
3.1.6.3 Approche méthodologique pour les effets dus à une exposition chronique 24
3.1.7 Collecte des données sur les coûts et avantages socio-économiques 25
3.2 Groupe 3 27
4. RÉSULTATS 29
4.1 Secteurs d'activité économique 29
4.2 Identification des entreprises et des travailleurs québécois 31
4.3 Évaluation des concentrations d'exposition 33
4.3.1 Données de la littérature 33
4.3.2 Mesures dans les établissements par l'IRSST 35
4.4 Matrices d'exposition 37
4.5 Identification des déterminants de l'exposition et des sources d'exposition 45

4.6 Impacts sur la santé 48
4.6.1 Effets irritants dus à une exposition aiguë au formaldéhyde 48
4.6.1.1 Détermination de la relation dose-réponse à partir des données de littérature... 48
4.6.1.2 Application de la relation dose-réponse aux données d'exposition au formaldéhyde dans les différents secteurs industriels au Québec 52
4.6.1.3 Détermination de l'impact sur la santé de l'abaissement de la norme 56
4.6.2 Effets dus à une exposition subchronique 58
4.6.3 Effets dus à une exposition chronique 58
4.6.3.1 Évaluation des études épidémiologiques 58
4.6.3.2 Évaluation du CIIT sur le potentiel cancérogène du formaldéhyde et application des estimateurs de risques de cancer à l'exposition des travailleurs du Québec 60
4.7 Impacts socio-économiques 62
4.7.1 Coûts potentiels 62
4.7.2 Avantages potentiels 70
5. DISCUSSION 72
5.1 Identification des secteurs d'activité économique, des établissements et des travailleurs exposés 72
5.2 Évaluation de l'exposition et élaboration des matrices 75
5.2.1 Littérature et banques de données 75
5.2.2 Mesures en entreprises par l'IRSST 77
5.2.3 Autres sources 78
5.3 Secteurs et professions à risque 79
5.4 Impacts sur la santé 80
5.4.1 Effets dus à une exposition aiguë 80
5.4.2 Effets dus à une exposition subchronique 81
5.4.3 Effets dus à une exposition chronique 81
5.5 Impacts socio-économiques 82
5.6 Utilité de la démarche mixte par expertise et mesures d'hygiène industrielle pour une étude d'impacts 84
6. OBSERVATIONS ET CONCLUSIONS 87
6.1 Impacts sanitaires 87
6.2 Impacts socio-économiques 88
6.3 Généralités 89
7. RECOMMANDATIONS QUANT AUX ÉTUDES D'IMPACTS 92
8. RÉFÉRENCES 93
9. Annexe 1 : Impact de l'exposition au formaldéhyde sur la santé humaine 100
10. Annexe 2 : Évaluation des coûts de la protection respiratoire 100
11. Annexe 3 : Fabrication des panneaux agglomérés 100
12. Annexe 4 : Fabrication de produits en bois 100
13. Annexe 5 : Fabrication de meubles en bois 100
14. Annexe 6 : Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde 100
15. Annexe 7 : Fonderie 100
16. Annexe 8 : Laboratoires de pathologie 100
17. Annexe 9 : Industrie des services funéraires 100
18. Annexe 10 : Industrie de finition textile 100
19. Annexe 11 : Industrie de la transformation de la matière plastique 100
20. Annexe 12 : Industries du Groupe 3 100

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs limites d'exposition au formaldéhyde en vigueur au Canada 7
Tableau 2 : Valeurs limites d'exposition au formaldéhyde en vigueur dans dix pays étrangers 8
Tableau 3 : Valeur limites d'exposition au formaldéhyde – Organismes internationaux 9
Tableau 4 : Refonte de la liste des secteurs d'activité économique 29
Tableau 5 : Sources d'information pour déterminer le nombre d'établissements et de travailleurs dans les matrices d'exposition pour les groupes 1 et 2 31
Tableau 6 : Comparaison du nombre de travailleurs répertoriés par le CRIQ et par les visites industrielles 32
Tableau 7 : Résumé des niveaux d'exposition au formaldéhyde en provenance de la littérature pour certaines professions dans chaque secteur d'activité économique 34
Tableau 8 : Résumé des niveaux d'exposition au formaldéhyde en provenance de IMIS et NEDB pour certaines professions dans chaque secteur d'activité économique 35
Tableau 9 : Nombre d'établissements évalués et de prélèvements 35
Tableau 10 : Résumé des données d'exposition pour les principales professions 36
Tableau 11 : Matrice globale d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures 39
Tableau 12 : Matrice globale d'exposition plafond 42
Tableau 13 : Principales sources d'exposition des travailleurs 45
Tableau 14 : Effectif et proportion de sujets présentant des effets irritants suite à une exposition aiguë au formaldéhyde, d'après les données d'études contrôlées disponibles dans la littérature 48
Tableau 15 : Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants attribuables au formaldéhyde selon la concentration d'exposition 51
Tableau 16 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants modérés des yeux en fonction de la concentration d'exposition 53
Tableau 17 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants sévères des yeux en fonction de la concentration d'exposition 54
Tableau 18 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants modérés du nez en fonction de la concentration d'exposition 55
Tableau 19 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants modérés de la gorge en fonction de la concentration d'exposition 56
Tableau 20 : Prédiction par le CIIT de l'excès de risque de cancer des voies respiratoires dû à une exposition professionnelle chronique au formaldéhyde 60
Tableau 21 : Sommaire des coûts de l'abaissement de la norme actuelle à une valeur d'exposition moyenne pondérée de 0,3 ppm 64
Tableau 22 : Sommaire des coûts de l'abaissement de la norme actuelle à une valeur plafond 65
Tableau 23 : Sommaire qualitatif de l'impact socio-économique du groupe 3 67
Tableau 24 : Coûts évités en pertes de temps pour irritations par un abaissement de VEA-plafond 70
Tableau 25 : Impacts sanitaires – Nombre de travailleurs protégés d'effets irritants suite à une exposition plafond au formaldéhyde 87
Tableau 26 : Gains monétaires suite aux irritations évitées par un abaissement de la valeur plafond 88
Tableau 27 : Coûts annualisés des améliorations techniques et de la protection respiratoire 89

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Pourcentage de la population exposée présentant des effets irritants attribuables à une exposition au formaldéhyde 50
Figure 2 : Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants attribuables au formaldéhyde selon la classe de concentration d'exposition 51

LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES OU ABBRÉVIATIONS

CLSC : Centre local de services communautaires
CRIQ : Centre de recherche industrielle du Québec
CSST : Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec
IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail du Québec
OSHA : Occupational Safety and Health Administration
StatCan : Statistique Canada

CAEQ : classification des activités économiques du Québec
CTI : classification type des industries
LSST : Loi sur la santé et la sécurité du travail
SCIAN : système de classification des industries de l'Amérique du Nord
SMEST : surveillance médico-environnementale de la santé des travailleurs

mg /m^3 : milligramme par mètre cube d'air
ppm = partie par million

VEA : valeur d'exposition admissible
VEMP : valeur d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures
VECD : valeur d'exposition de courte durée
P : valeur d'exposition plafond

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

Le comité paritaire 3.33.1 de la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST), chargé de la révision de l'Annexe 1 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* a demandé à l'IRSST d'évaluer les impacts sanitaires et socio-économiques d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible du formaldéhyde. Globalement, la recherche visait à évaluer les impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible (VEA) actuelle, de type plafond située à 2 ppm, vers une VEA plafond ou moyenne pondérée sur 8 heures (VEMP) de 1,0, 0,75 ou 0,3 ppm. La poursuite de cet objectif a nécessité la rencontre d'objectifs spécifiques : l'évaluation de l'exposition des travailleurs du Québec; l'élaboration de matrices emploi-exposition et établissement-exposition pour les secteurs concernés; la détermination des relations dose-réponse pour les effets les plus sensibles et les plus précoces causés sur la santé; la considération de correctifs et moyens de prévention et des coûts et avantages qui y sont associés.

MÉTHODOLOGIE

L'étude d'impacts a été faite d'une part, à partir du profil d'exposition des travailleurs québécois au formaldéhyde sous la forme d'une matrice secteur d'activité économique - exposition et, d'autre part, à partir de la connaissance des effets sur la santé et de leur intensité selon l'exposition pour l'impact sanitaire et de la connaissance des coûts et des bénéfices des correctifs et des moyens préventifs pour l'impact socio-économique.

L'existence d'un regroupement de secteurs d'activité économique, tel que réalisé en 1987 par l'Occupational Safety and Health Administration des Etats-Unis (OSHA), pour le formaldéhyde, a facilité au départ l'identification des secteurs concernés. Ces secteurs d'activité économique étaient répartis en trois groupes en fonction de la probabilité et de l'importance de l'exposition des travailleurs. L'examen critique de ces résultats a toutefois indiqué que la description de la population devait être complétée, validée et raffinée par l'introduction d'informations spécifiques au Québec sur les secteurs d'activités, les procédés, les produits fabriqués et les postes de travail.

Les secteurs des groupes 1 et 2, qui sont a priori les plus exposés, comprennent : la fabrication de panneaux agglomérés, les autres produits du bois, la fabrication de meubles en bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde, les fonderies, les laboratoires de pathologie, l'industrie des services funéraires, l'industrie de finition textile et la transformation de matières plastiques. Pour ces secteurs, les principales étapes pour produire la matrice finale secteur d'activité économique - exposition ont été de :

- Valider les secteurs d'activité économique où le formaldéhyde était effectivement utilisé
- Identifier les établissements québécois dans chacun de ces secteurs d'activité économique; pour ces établissements, estimer le nombre total de travailleurs et le nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde
- Évaluer les concentrations actuelles d'exposition des travailleurs de ces établissements par professions normalisées à partir de données d'échantillonnage dans les établissements québécois, lorsque possible, information complétée par les données issues de la littérature et de la consultation d'experts

- Construire les matrices emploi-exposition et établissement-exposition par secteur d'activité économique
- Recueillir des informations sur les déterminants de l'exposition et les sources d'émission de formaldéhyde.

Pour le groupe 3 qui inclut 22 secteurs d'activité économique, à priori les moins exposés, l'approche pour documenter les expositions s'est basée essentiellement sur la littérature et la consultation d'experts.

Afin d'évaluer les bénéfices pour la santé des travailleurs qu'apporterait un abaissement de la VEA, il était essentiel d'estimer le plus précisément possible la relation entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition d'effets sur la santé des travailleurs dans l'intervalle de concentrations considérées comme valeurs admissibles. À partir des données de la littérature, l'apparition des différents effets toxiques du formaldéhyde observés ou suspectés ainsi que leur degré de sévérité ont été étudiés en fonction des concentrations d'exposition voisines de la norme actuelle. Les effets sur la santé causés par le formaldéhyde varient selon la nature de l'exposition : aiguë, subchronique ou chronique. Pour les effets dus à une exposition aiguë, la démarche globale suivante a été suivie:

- Détermination d'une relation dose-réponse ou exposition-réponse chez la population de travailleurs pour les effets irritants, les plus précoces et les plus sensibles
- Application de ces relations dose-réponse aux données d'exposition au formaldéhyde dans les différents secteurs industriels au Québec pour déterminer le risque actuel d'apparition de ces effets
- Évaluation de l'impact sur la santé de l'abaissement de la norme à 1,0, 0,75 ou 0,3 ppm exprimé en effets irritants susceptibles d'être évités.

Pour les effets dus à une exposition subchronique, l'étude a reposé sur les données de la littérature. Les données analysées provenaient à la fois d'études réalisées en milieu contrôlé et d'études réalisées en milieu de travail. Pour les effets dus à une exposition chronique, les études sélectionnées ont été regroupées par type (cohorte, cas-témoin ou méta-analyse), analysées et comparées entre elles, dans le but de vérifier si un lien de causalité pouvait être établi entre l'incidence de cancer et l'exposition au formaldéhyde.

L'étude de l'impact socio-économique comprenait deux parties :

- Identification de toutes les sources potentielles de coûts liés à l'abaissement de la norme, de même que des sources d'avantages potentiels, ceux-ci étant principalement constitués de coûts évités du fait de l'abaissement de la norme
- Évaluation monétaire de chacune des composantes des coûts et avantages.

Les statistiques économiques principales des industries étudiées ont été trouvées dans la base de données socio-économiques de Statistique Canada. L'évaluation des coûts d'ingénierie et ceux pour la protection respiratoire a été faite par l'établissement de scénarios suite, d'une part, à l'étude des matrices d'exposition, à l'identification des sources d'émission et aux recommandations des hygiénistes sur les correctifs et la prévention et, d'autre part, à la consultation d'experts sectoriels et d'experts en ventilation. Le seuil d'impact majeur a été déterminé pour chacun des secteurs. Il évalue la part des coûts par rapport à la marge brute d'exploitation du secteur.

RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

Exposition des travailleurs québécois

Pour les groupes 1 et 2, dans 1 211 établissements, 38 110 travailleurs ont été recensés à partir des données du CRIQ et des visites industrielles. De ce nombre, 94,5 % seraient exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures inférieure à 0,3 ppm, 5 % entre 0,3 et 0,75 ppm, 0,4 % entre 0,75 et 1 ppm et moins de 0,1 % entre 1 et 2 ppm. Aucun travailleur n'était exposé à plus de 2 ppm en valeur moyenne pondérée sur 8 heures. Les travailleurs les plus exposés étaient ceux directement en lien avec la production principale où le formaldéhyde et ses résines sont utilisés tels que les préparateurs de colles et de résines et les opérateurs de presse (fabrication de panneaux agglomérés et autres produits du bois), les thanatopracteurs, les travailleurs en pathologie et les peintres finisseurs (fabrication de meubles en bois). Pour ces travailleurs, la diminution de leur exposition passerait par la substitution ou la ventilation à la source. Dans certains établissements où la zone d'expédition est à proximité de la zone de production, les travailleurs y oeuvrant pouvaient être exposés à des concentrations moyennes supérieures à 0,3 ppm qu'il serait possible d'abaisser par de la ventilation générale.

De même, 78 % de ces 38 110 travailleurs seraient exposés à des concentrations plafonds inférieures à 0,3 ppm, 10,5 % entre 0,3 et 0,75 ppm, 3,5 % entre 0,75 et 1 ppm, 3,9 % entre 1 et 2 ppm et 4,1 % à une concentration supérieure à la valeur admissible actuelle de 2 ppm. Aux travailleurs directement en lien avec la production, se sont ajoutés les travailleurs de service tels que les mécaniciens et les électriciens. Dans certains de ces cas, le port d'équipements de protection individuelle peut être la solution. Il est évident que l'ajout de ventilation par aspiration et de ventilation générale permettant d'abaisser les concentrations moyennes sous la valeur de 0,3 ppm abaisseraient les concentrations plafonds; cependant, la capacité de diminuer ces dernières sous la valeur de 0,3 ppm devra être démontrée notamment dans les cas de la thanatopraxie, de la pathologie et de l'application de vernis sur des meubles.

Pour le groupe 3, bien que le nombre de travailleurs soit incomplet et que les données d'exposition soient incertaines, on estime qu'environ 99,7 % des 105 381 travailleurs recensés seraient exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures inférieure à 0,3 ppm, les autres étant exposés entre 0,3 et 0,75 ppm. De même, 99,7 % seraient exposés à des valeurs plafonds inférieures à 0,3 ppm, moins de 0,05 % à des valeurs entre 0,3 et 2 ppm et environ 0,3% à une concentration supérieure à la valeur admissible actuelle de 2 ppm.

Il est important de noter que les valeurs d'exposition qui ont été attribuées aux travailleurs ne tiennent compte ni du port de protection respiratoire ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises lors de l'exécution de tâches à forte exposition.

Impacts sur la santé

Les données d'études contrôlées disponibles dans la littérature ont permis d'établir des relations entre l'exposition au formaldéhyde et les effets aigus les plus précoces, soit les effets irritants des voies respiratoires supérieures et des yeux. Ces relations indiquent que les travailleurs exposés à des concentrations de formaldéhyde inférieures à 0,75 ppm ne devraient pas présenter d'effets irritants modérés (supportables ou gênants) ou sévères des yeux, du nez ou de la gorge. Parmi les

travailleurs exposés à une concentration en formaldéhyde entre 0,75 et <1,0 ppm, 6,3% d'entre eux seraient susceptibles de présenter des irritations modérées des yeux, aucun ne présenterait des irritations sévères des yeux et 1,6 % d'entre eux seraient susceptibles de présenter des irritations modérées du nez et de la gorge. Les valeurs correspondantes pour les travailleurs exposés à une concentration en formaldéhyde entre 1 et <2,0 ppm sont 10,1%, 0,8% et ≈4,5 % et pour les travailleurs exposés à ≥ 2 ppm (entre 2 et <3 ppm), elles sont de 14,9%, 1,9% et ≈12,5%.

Ces effets irritants dépendent de la concentration d'exposition en formaldéhyde et ne semblent pas dépendre de la durée d'exposition. Ils sont également réversibles de sorte qu'ils cessent dès l'arrêt de l'exposition.

Appliquées aux 143 491 travailleurs québécois potentiellement exposés, soit l'ensemble des 3 groupes, selon la distribution de leur exposition aux valeurs plafonds, les pourcentages déterminés par les relations exposition-réponse montrent que :

- Le respect de la norme actuelle permettrait d'éviter des effets irritants modérés aux yeux chez environ 286 travailleurs (0,2% de la population concernée), au nez chez 238 travailleurs, à la gorge chez 241 travailleurs. Pour les effets irritants sévères aux yeux, le respect de la norme actuelle permettrait d'éviter l'apparition d'effets chez 37 travailleurs
- L'abaissement à 1,0 ppm permettrait d'éviter des effets irritants modérés aux yeux, au nez ou à la gorge et des effets irritants sévères aux yeux pour 156, 68 et 13 travailleurs supplémentaires
- L'abaissement à 0,75 ppm permettrait d'éviter des effets irritants modérés aux yeux, au nez ou à la gorge pour 84 et 20 travailleurs supplémentaires par comparaison à l'abaissement de la norme à 1,0 ppm, et aucun pour les effets irritants sévères aux yeux.
- Pour des concentrations inférieures à 0,75 ppm, aucun effet irritant modéré au nez, aux yeux ou à la gorge, ou sévère aux yeux ne serait attribuable au formaldéhyde, mais ceci n'exclut pas qu'il pourrait y avoir des effets irritants légers. Aucun abaissement de norme d'exposition à des valeurs inférieures à 0,75 ppm ne pourra donc réduire ces effets qui constituent le bruit de fond.

Pour les effets dus à une exposition subchronique, la majorité des études concluent en une absence d'effet pour des expositions moyennes pouvant durer jusqu'à 3 heures et atteindre 2 ppm. On peut donc supposer que le bénéfice, pour la santé des travailleurs, d'un abaissement de la norme vers 1, 0,75 ou 0,3 ppm serait faible, voire négligeable, en ce qui concerne l'altération des fonctions pulmonaires, le déclenchement de crise d'asthme et la sensibilisation des voies respiratoires.

Pour les effets dus à une exposition chronique, sur la base de l'ensemble des études épidémiologiques sélectionnées et analysées, il n'existe qu'une preuve limitée d'association causale entre l'exposition professionnelle au formaldéhyde et l'apparition de cancers.[1] À partir des études épidémiologiques, il n'est pas possible d'établir de relation dose-réponse entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition de cancers pour la plage des concentrations

[1] Cette évaluation était aussi celle du CIRC (Centre international de recherche sur le cancer de l'OMS) jusqu'en juin 2004 date à laquelle une réévaluation tenant compte d'études très récentes a amené cet organisme à classer le formaldéhyde comme cancérogène pour l'humain (groupe 1) sur la base d'indications suffisantes de cancérogénicité (rhinopharynx) venant des études épidémiologiques.

considérées dans cette étude. Le CIIT (Chemical Industry Institute of Toxicology) propose plusieurs valeurs d'excès de risque de cancer des voies respiratoires selon que l'exposition au formaldéhyde soit environnementale ou professionnelle, et selon que les sujets soient des fumeurs ou non. Sur la base de ces données, le risque estimé d'effet cancérogène attribuable à l'exposition au formaldéhyde, à une concentration d'exposition inférieure ou égale à 1 ppm serait moins de 1 travailleur en 40 ans pour l'ensemble du Québec. Les données du CIIT ne donnent pas d'estimation d'excès de risque pour des expositions supérieures à 1 ppm; par contre, le faible nombre de travailleurs compris dans les classes d'exposition entre 1,0 et 2,0 ppm (24 travailleurs au total, pour les valeurs moyennes pondérées) porte à croire que cette classe est trop peu représentée pour augmenter de façon significative le nombre de cas de cancer.

Impacts socio-économiques

Des coûts ont pu être attribués uniquement aux modifications de procédé et de ventilation et à la protection respiratoire. Il faut noter que les coûts de conformité à la valeur plafond actuelle ont été calculés et soustraits du coût global imputable à l'abaissement de chacune des valeurs d'exposition considérées.

De façon générale pour les groupes 1 et 2, il n'y aurait pas de coût économique notable pour un abaissement en valeur d'exposition moyenne pondérée à 1,0 et 0,75 ppm. Pour un abaissement à 0,3 ppm, les coûts sont minimes pour les secteurs de la fabrication des panneaux agglomérés, la fabrication d'autres produits du bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines, les fonderies, la finition du textile et la transformation des matières plastiques à base de formaldéhyde. Il y aurait de l'amélioration à apporter à l'élimination à la source par ventilation, confinement, et répartition des tâches dans le secteur de la fabrication de meubles, ce qui représenterait 0,35 % de la marge brute d'exploitation. Les laboratoires de pathologie devraient consentir à une augmentation de 1,6 % de leurs coûts de fonctionnement et le secteur des services funéraires subirait une diminution de 0,64% de la marge brute d'exploitation.

En valeur plafond, les coûts augmentent pour les établissements des groupes 1 et 2, à mesure que la valeur plafond devient plus restrictive à 1,0, 0,75 et 0,3 ppm. Les coûts décrivent bien la difficulté d'atteindre une valeur plafond de 0,3 ppm (coût annualisé total de 20 millions $) relativement aux valeurs de 0,75 et 1,0 ppm (coût annualisé total de 11 à 12,5 millions $). De plus, l'atteinte d'une valeur plafond de 0,3 ppm pourrait être difficilement réalisable techniquement pour certains procédés ou certaines tâches. Bien que les coûts d'implantation des correctifs soient élevés, les coûts annualisés ne devraient pas susciter une lourde charge socio-économique par rapport au poids économique des industries des secteurs de la fabrication de panneaux agglomérés, la fabrication d'autres produits du bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde, les fonderies, la finition du textile et la transformation de matières plastiques. La charge économique serait plus importante pour les secteurs de la fabrication des meubles en bois, les laboratoires de pathologie et les services funéraires.

Il faut noter que dans les secteurs où les conditions économiques (variation des taux de change, baisse des ventes, ralentissement économique, coûts des matières premières…) se sont dégradées depuis 2001, le choc de supporter un changement de la norme sera plus lourd.

Des 22 secteurs du groupe 3, quatre soit « Pâtes et papier », « Isolants minéraux non-métalliques », « Industrie agroalimentaire » et « Laboratoires d'enseignement de biologie, de médecine, de médecine vétérinaire et de thanatologie » pourraient subir un impact significatif d'un changement de valeur d'exposition admissible plafond à 0,3 ppm. Cet abaissement nécessiterait une modification de procédé, l'élimination à la source ou une réorganisation de certaines tâches et, en dernier recours, l'utilisation de la protection respiratoire.

Au niveau des avantages potentiels, les seuls bénéfices monétaires d'un abaissement de la valeur admissible d'exposition seraient dus à une réduction des irritations oculaires et respiratoires. Les coûts ainsi évités sont négligeables pour un abaissement de la valeur moyenne pondérée sur 8 heures et sont minimes pour un abaissement de la valeur plafond à 1,0 et 0,75 ppm. Aucun effet irritant modéré ou sévère n'étant attribuable au formaldéhyde à une concentration inférieure à 0,75 ppm, le gain serait nul pour un abaissement à 0,3 ppm.

Nous n'avons pas réussi à obtenir les renseignements qui auraient permis d'identifier et par la suite de chiffrer l'impact d'une amélioration de l'information sur les risques d'exposition aux produits chimiques dans le milieu travail, suite à un abaissement de la norme. La réduction des risques de cancers et de retraits préventifs de la femme enceinte ou qui allaite ne constituent pas des avantages notables dans cette étude.

Généralités

La démarche utilisée dans cette recherche a permis non seulement de fournir les éléments de réponse au questionnement de la CSST mais a permis d'amasser une quantité importante d'informations sur un grand nombre de secteurs d'activité au Québec et d'observations sur le déroulement et la réalisation d'une telle étude :

- La méthode à privilégier pour le regroupement de secteurs d'activité économique en fonction d'une problématique spécifique est la documentation des procédés et des produits fabriqués suivie d'une validation de la situation québécoise
- Pour déduire les nombres d'établissements et de travailleurs par activité économique, les deux bases de données les plus pertinentes sont celles du CRIQ (pour le secteur manufacturier) et de Statistique Canada (pour le secteur manufacturier national et infra provincial et les autres secteurs d'activité économique). La base de données de la CSST n'a pu fournir d'informations fiables et complètes
- Pour les données d'exposition, il n'existe pas au Québec de base de données fiables sur les postes et les professions et sur les concentrations d'exposition des travailleurs. Il serait souhaitable que le système actuellement en développement (SISAT) tienne compte des besoins d'éventuelles évaluations d'impact ou d'études de type sanitaire, épidémiologique, économique ou autre. De plus, l'accès aux documents et aux rapports produits par les CLSC devrait être facilité par une entente officielle entre la CSST et le ministère de la santé
- En raison de son accessibilité, la littérature scientifique est généralement la source la plus utilisée pour obtenir rapidement des concentrations d'exposition malgré plusieurs limitations
- Quelle que soit la valeur moyenne pondérée (VEMP) retenue, la méthode standard de l'IRSST pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs est adéquate

- Quelle que soit la valeur plafond retenue (P), il peut y avoir une limitation technique à mesurer l'exposition des travailleurs dans certains milieux de travail (à cause d'autres produits présents) ou dans certaines situations de travail (encombrement dû à l'instrument de mesure)
- Pour de futures études d'impact, il faudrait explorer la faisabilité d'obtention de données économiques plus fines que les données descriptives des secteurs d'activité économique et élaborer des indicateurs pour mieux décrire les avantages socio-économiques des modifications réglementaires
- L'utilisation de la démarche mixte par expertise et mesurage d'hygiène industrielle s'est avérée pertinente et efficace à répondre à la question sur les impacts sanitaires et socio-économiques d'un abaissement de la valeur admissible d'exposition au formaldéhyde dans le contexte de l'absence de base de données qui fournissent des informations exhaustives et de qualité.

1. INTRODUCTION

Le comité paritaire 3.33.1 de la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST), chargé de la révision de l'Annexe 1 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, procède aux modifications du règlement par l'obtention d'un consensus sur chacun des sujets discutés. Dans certains cas, les membres du comité souhaitent disposer d'une meilleure connaissance des impacts de leurs décisions sur la santé et la sécurité des travailleurs, sur la facilité ou la difficulté technique d'entériner ces modifications réglementaires ainsi que sur le contexte socio-économique des industries et des organismes québécois qui sont assujettis à ces modifications. L'abaissement de la valeur d'exposition admissible du formaldéhyde est un de ces cas. La CSST a donc demandé en 1998 à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) d'évaluer les impacts sanitaires et socio-économiques d'un tel abaissement. Une étude préliminaire associant des chercheurs et spécialistes de l'IRSST, de la Direction régionale de la santé publique de Montréal-Centre, de l'Université de Montréal et de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) a été réalisée en 1999-2000 (1). Cette étude a dégagé les grandes lignes de la problématique de l'exposition professionnelle au formaldéhyde au Québec, examiné les travaux menés par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) des États-Unis sur ce même problème (2), exploré diverses sources de données disponibles et proposé le cadre d'une étude approfondie.

Le présent rapport expose les résultats de cette étude approfondie, menée par une équipe multidisciplinaire regroupant des chercheurs et spécialistes de l'IRSST, de l'Université de Montréal et de l'UQAM. Globalement, la recherche vise à évaluer les impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible (VEA) actuelle pour le formaldéhyde, de type plafond située à 2 ppm, vers une VEA plafond ou moyenne pondérée sur 8 heures (VEMP) de 1,0, 0,75 ou 0,3 ppm. Cet objectif comprend une étude des impacts tant sanitaires que socio-économiques. La poursuite de l'objectif global a nécessité la rencontre de divers objectifs spécifiques tels que l'évaluation de l'exposition des travailleurs, l'élaboration de matrices emploi-exposition et établissement-exposition pour les secteurs concernés, la prise en considération des relations dose-réponse pour certains effets critiques sur la santé et la considération de correctifs et de moyens de prévention et des coûts et des avantages qui y sont associés.

Pour des raisons pratiques, le rapport de recherche est divisé en un rapport principal et en douze annexes. Le rapport principal propose une courte revue sur le formaldéhyde, expose la méthodologie de l'étude, présente les résultats synthétiques en termes de données d'exposition des travailleurs, d'impact sur la santé et d'impact socio-économique pour l'ensemble des secteurs, ainsi qu'une discussion globale visant à mettre en évidence les forces et limites des données obtenues et énoncer diverses recommandations quant à la réalisation d'éventuelles études d'impact de cette nature. Une série d'annexes présente les éléments de l'étude se rapportant à chacun des secteurs d'activité économique étudiés, permettant ainsi aux intervenants de ces secteurs d'avoir un document spécifique à leur disposition. Les deux premières annexes portent respectivement sur la revue détaillée des aspects santé du formaldéhyde examinés dans le cadre de cette étude et sur l'évaluation détaillée des coûts de la protection respiratoire.

2. REVUE SUR LE FORMALDÉHYDE

2.1 Propriétés physico-chimiques et sources d'exposition professionnelle

Le formaldéhyde est un gaz incolore ayant une densité relative de 1,07 et un point d'ébullition de – 19 ^{0}C. Commercialement, on le retrouve principalement en solution aqueuse concentrée, appelée communément formol, contenant de 37 % à 50 % en poids de formaldéhyde. Le produit ayant tendance à polymériser, un certain pourcentage de méthanol, pouvant aller jusqu'à 15 %, est ajouté comme inhibiteur. Le formaldéhyde en solution se dégage facilement pour retrouver sa forme gazeuse. Un polymère solide du formaldéhyde, le paraformaldéhyde est parfois utilisé comme source de formaldéhyde qu'il dégage à la chaleur (3).

Le formaldéhyde est soluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques. Il possède une bonne stabilité thermique et ne se décompose que très lentement lorsqu'il est à des températures inférieures à 300 ^{0}C. Cependant c'est un gaz inflammable dont les limites inférieures et supérieures d'inflammabilité sont de 7 % et 73 % respectivement.

Le formaldéhyde possède une odeur âcre décelable à des concentrations inférieures à 1 ppm. C'est le plus simple des aldéhydes (formule $H_2C = O$ ou HCHO) et il réagit chimiquement avec un grand nombre de classes de produits dans des réactions d'oxydo-réduction, d'addition, de condensation et de polymérisation. Sa réactivité explique qu'il constitue un des intermédiaires de synthèse les plus utilisés dans l'industrie chimique. Parmi les utilisations primaires du formaldéhyde figure en premier lieu l'industrie des résines synthétiques, les principales résines à base de formaldéhyde étant les aminoplastes (urée-formaldéhyde et mélamine-formaldéhyde), les phénoplastes (phénol-formaldéhyde) et les polyacétals. Le formaldéhyde sert également à la synthèse d'autres intermédiaires dans l'industrie des plastiques et des explosifs entre autres. Finalement une variété d'applications font appel au formaldéhyde non combiné, sous forme de formol, comme biocide, préservateur ou fixateur.

En milieu de travail l'exposition au formaldéhyde sous forme gazeuse peut provenir de trois types de sources : le dégagement par la chaleur ou par hydrolyse à partir des polymères à base de formaldéhyde (p.ex. colles dans les panneaux de bois, apprêts pour textiles et vêtements, plastiques, vernis et peintures, liants d'abrasifs, d'isolants thermiques et dans les fonderies); le dégagement direct à partir de solutions aqueuses (p.ex. industrie chimique, usages médicaux et paramédicaux, thanatopraxie, biocide industriel, désinfectant) ou la présence dans des fumées de combustion ou de pyrolyse d'une variété de matériaux organiques.

2.2 Effets sur la santé

Cette section présente un bref aperçu des effets sur la santé causés par le formaldéhyde. Pour plus d'informations, il est conseillé de se rapporter à l'annexe 1.

En milieu de travail, l'exposition au formaldéhyde se fait principalement par inhalation. Le formaldéhyde peut également être absorbé de façon limitée après un contact avec la peau, les effets cutanés se manifestant par des rougeurs, des démangeaisons, des irritations, des réactions

allergiques ou des dermatites (4,5). Puisque l'étude d'impact se rapporte à une valeur limite dans l'air, seuls les effets de l'exposition au formaldéhyde par les voies respiratoires ont été considérés.

L'exposition au formaldéhyde peut causer des effets altérant la santé des personnes exposées. Il est possible de distinguer l'apparition des différents effets selon la durée et l'intensité de l'exposition. Ainsi, la nature des effets sera différente selon qu'il s'agit d'une exposition unique de courte durée, appelée également exposition aiguë, ou d'une exposition répétée à long terme de type chronique. Cette section traitera donc à la fois des effets dus à une exposition aiguë, subaiguë ou subchronique et chronique. De plus, pour un effet donné, il existe toute une gradation de la sévérité des effets, des plus légers aux plus sévères, qui résultent des différents degrés d'exposition au formaldéhyde. Il existe également des variations importantes entre individus sur le niveau d'apparition des symptômes ressentis.

2.2.1 Effets dus à une exposition aiguë

De manière générale, les effets aigus induits par le formaldéhyde touchent la conjonctive des yeux et les voies respiratoires, principalement les voies supérieures, du fait de ses propriétés physico-chimiques (forte solubilité dans l'eau) et de la proximité de cette zone de contact. Les effets les plus précoces à survenir sont les irritations des yeux, du nez et de la gorge. De nombreuses études ont observé l'apparition de ces irritations suite à une exposition au formaldéhyde (6-15). La plupart de ces études montrent que des irritations des yeux se produisent, chez les plus sensibles, à partir d'une concentration dans l'air de 1 ppm, des irritations de la gorge et du nez apparaissent pour des concentrations plus élevées, entre 1 et 2 ppm (15-16). Plusieurs auteurs ont rapporté que les effets irritants du formaldéhyde sont réversibles : l'effet irritant s'atténue et disparaît après l'arrêt de l'exposition (15,17). De plus, une tolérance aux irritations pourrait apparaître avec le temps (18). Toutefois, les conclusions de ces différentes études montrent une variabilité certaine, ce qui rend nécessaire la réévaluation de l'ensemble des données disponibles sur la relation entre le degré d'exposition au formaldéhyde et l'apparition des effets irritants, en tenant compte des différents degrés de qualité des études.

2.2.2 Effets dus à une exposition subaiguë à subchronique

Les effets soupçonnés être reliés à une exposition subaiguë à subchronique au formaldéhyde sont l'altération de la fonction pulmonaire, une augmentation de la sensibilisation des sujets exposés, l'induction de crise d'asthme et l'apparition de bronchites chroniques (9, 11-14, 16, 19-24 bis). De nombreuses études ont d'ailleurs été menées afin de mettre, ou non, ces relations en évidence.

Comme pour les effets aigus, il existe de grandes variations dans la susceptibilité individuelle pour les effets subchroniques.

2.2.3 Effets dus à une exposition chronique

Plusieurs études épidémiologiques ont été réalisées pour vérifier s'il existe un lien entre l'exposition au formaldéhyde et certains cancers. La plupart des études épidémiologiques visant à vérifier le lien entre l'exposition au formaldéhyde et l'augmentation de l'incidence de cancers ont porté sur des sites directement en contact avec le formaldéhyde inhalé : les sinus et les fosses

nasales (25-27), la cavité buccale, le pharynx (28,29), l'oropharynx (30), le nasopharynx (26,28,31-33), le larynx (34) et les tissus conjonctifs des voies nasales (35,36).

Certaines études ont montré une augmentation de l'incidence de cancers alors que d'autres n'en ont pas observé pour le même degré d'exposition. Pour vérifier si un lien de causalité existe, des critères reconnus en épidémiologie ont été appliqués. Cette démarche est présentée dans l'annexe 1.

Certaines études ont également porté sur des sites de cancers sans contact direct avec le formaldéhyde inhalé : les cancers des voies biliaires et hépatiques ainsi que les cancers des sites lymphatiques et hématopoïétiques (37). Dans quelques cas très isolés et sporadiques, des maladies comme le myélome multiple, le lymphome non-Hodgkinien, le mélanome oculaire, la leucémie, le cancer du cerveau, du colon et du pancréas ont été associés au formaldéhyde (29,38-40). Cependant, ces cas sont à considérer avec beaucoup de précaution car la plausibilité biologique de ces relations est extrêmement faible.

Même si l'association entre l'exposition au formaldéhyde et l'augmentation de l'incidence de cancers a été observée dans plusieurs études, il faut demeurer prudent. La tendance générale reste la même, mais les conclusions sont souvent divergentes et les différents auteurs ne sont pas unanimes quant à la concentration induisant de tels effets. Cet aspect est étudié en détail dans l'annexe 1.

2.2.3.1 Position d'organismes gouvernementaux et autres organismes de recherche dans le domaine de la santé

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC)

Depuis 1972, le CIRC a initié un programme pour évaluer le risque cancérogène des substances chimiques chez l'homme et de produire des monographies sur les composés chimiques. Chaque monographie comprend une revue critique et une évaluation des études disponibles pour une substance ou un mélange donné. Le CIRC a produit une monographie en 1995 qui était une mise à jour de précédents travaux réalisés en 1982 et 1987, concernant le formaldéhyde. Une réévaluation tenant compte d'études très récentes, a amené le CIRC à classer le formaldéhyde comme cancérogène pour l'humain (groupe 1) sur la base d'indications suffisantes de cancérogénicité (rhinopharynx) venant des études épidémiologiques (41).

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

Dès 1981, NIOSH recommandait que le formaldéhyde soit manipulé comme doit l'être un cancérogène professionnel potentiel et que les moyens de maîtrise appropriés soient mis en place afin de réduire l'exposition des travailleurs. Leurs recommandations étaient basées principalement sur les résultats d'une étude de l'Institut de toxicologie industrielle (CIIT, Chemical Industry Institute of Toxicology) dans laquelle des rats exposés au formaldéhyde par inhalation développaient des cancers du nez (42). En 1988, le NIOSH recommandait une limite d'exposition (REL ou Recommended Exposure Limit) de 0,016 ppm en moyenne pondérée sur 8 heures tenant compte de ce potentiel cancérogène qu'il reconnaissait au formaldéhyde, et de 0,1 ppm en valeur plafond déterminée sur n'importe quel échantillon de 15 minutes (43). La limite

d'exposition provient de l'extrapolation hautes doses - faibles doses d'une étude de cancer dans laquelle des cancers des fosses nasales ont été observés lorsque les niveaux d'exposition étaient de 5,6 ppm et plus. L'extrapolation a été réalisée à l'aide du modèle multi-stages ajusté aux fortes doses et extrapolé aux faibles doses. Le résultat de cette extrapolation a conduit à un excès de cancer de 1 par million de rats exposés à la dose de 0,163 ppm (pendant 6 heures par jour, 6 jours par semaine et pour une durée de 24 mois). La limite moyenne 8 heures proposée est dérivée de cette dose virtuellement sûre divisée par un facteur 10.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

L'ACGIH a proposé de classer le formaldéhyde A2 dès 1981, proposition qui fut adoptée en 1985 (44). Cette classification qualitative du potentiel cancérogène du formaldéhyde signifie que l'ACGIH le considère comme un cancérogène humain potentiel. En fait, pour l'ACGIH cette définition est utilisée principalement lorsque la preuve du potentiel cancérogène est limitée sur la base des données humaines mais suffisante sur la base de données expérimentales. En plus de toujours considérer le formaldéhyde comme un cancérogène soupçonné chez l'humain (classification A2), l'ACGIH propose d'indiquer que ce composé présente, sur la base des connaissances scientifiques disponibles, un potentiel confirmé de sensibilisation par contact cutané ou par inhalation.

Environmental Protection Agency (US.EPA)

L'agence américaine de protection environnementale, l'US.EPA qui comme le CIRC, le NTP et l'ACGIH dispose d'une classification du potentiel cancérogène, classe le formaldéhyde dans le groupe B1, soit une substance probablement cancérogène chez l'homme d'après des études humaines limitées et des études animales suffisantes. Pour cet organisme, au moins 9 études mettent en évidence des associations significatives entre des sites spécifiques de néoplasmes respiratoires et l'exposition au formaldéhyde ou à des produits contenant du formaldéhyde. Quant aux données animales long terme, elles font ressortir une augmentation de l'incidence de carcinomes des cellules squameuses du nez. De plus, toujours pour l'EPA, tant les données in vitro sur la génotoxicité du formaldéhyde que sa proximité structurelle avec d'autres aldéhydes cancérogènes tels que l'acétaldéhyde, viennent appuyer cette classification. La dernière révision faite par l'US.EPA sur le formaldéhyde remonte à 1991 en ce qui concerne la cancérogenèse, mais si une valeur de référence est disponible pour l'ingestion de formaldéhyde, aucune ne s'avère être disponible pour l'inhalation (45).

National Toxicology Program (NTP)

Pour le National Toxicology Program, il y a suffisamment de preuve du potentiel cancérogène du formaldéhyde gazeux chez l'animal. Le NTP indique d'ailleurs que lorsque ce composé est administré par inhalation, il induit des carcinomes des cellules squameuses de la cavité nasale chez les rats des deux sexes. En ce qui concerne les données humaines, le NTP conclut comme le CIRC qu'elles sont limitées même si plusieurs études semblent observer certains excès de cancers en particulier les cancers du nez et du nasopharynx. Le NTP dispose également d'une classification qualitative du potentiel cancérogène des substances qu'il étudie. Cette classification comprend deux catégories : celle des substances connues pour être un cancérogène humain, et

celle des substances raisonnablement anticipées d'être un cancérogène humain. Le formaldéhyde est classé dans la seconde catégorie du NTP (46).

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)

Concernant le potentiel cancérogène du formaldéhyde, l'ATSDR ne prend pas clairement position. Elle se limite à rappeler les classifications qualitatives proposées par l'US.EPA, le CIRC et le NTP (47).

2.2.3.2 Organismes réglementaires en milieu de travail

Parmi les organismes cités à la section précédente, seul US.EPA a le pouvoir de réglementation. Cette réglementation est reliée à la contamination de l'environnement général en vue de protéger l'ensemble de la population. Toutefois, aucune norme établie par cet organisme relativement au formaldéhyde ne concerne l'exposition par l'inhalation.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

OSHA réglemente l'exposition en milieu de travail. Elle classe le formaldéhyde comme un cancérogène humain potentiel provoquant des cancers du nez et du poumon, et qui aurait d'autres liens possibles avec d'autres cancers (cerveau et leucémie). OSHA définit également un niveau d'intervention fixé à 0,5 ppm et mesuré comme une moyenne d'exposition pondérée sur 8 heures. Ce niveau d'intervention requiert, entre autres, la mise en place de procédures de surveillance et de suivi lorsque l'exposition dépasse cette valeur (48-49,93-94).

2.2.4. Détermination de la relation exposition-réponse

Il est possible d'estimer la proportion d'individus susceptibles de présenter des effets dus au formaldéhyde uniquement si la relation entre l'apparition de ces effets et la concentration en formaldéhyde dans l'air peut être préalablement établie. La détermination de cette relation est possible à partir de l'ensemble des études recensées dans la littérature, en utilisant une grille de critères pour sélectionner et classifier les articles en fonction de leurs qualités scientifiques et en effectuant des analyses statistiques pour établir cette relation exposition-réponse pour les divers effets toxiques observés.

2.3 Valeurs limites d'exposition

Le Tableau 1 présente les normes réglementaires actuellement en vigueur pour le formaldéhyde dans les diverses juridictions canadiennes; le Tableau 2 fournit celles de dix pays étrangers et le Tableau 3 liste les recommandations de quatre organismes indépendants ou gouvernementaux.

Tableau 1 : Valeurs limites d'exposition au formaldéhyde en vigueur au Canada

Juridiction	Valeur limite	Référence
Canada	0,3 ppm, plafond	Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail (article 10.19) http://lois.justice.gc.ca/fr/L-2/DORS-86-304/index.html
Alberta	0,75 ppm, VEMP 8h 2 ppm, plafond	Government of Alberta (October 2003) Occupational Health and Safety Code. Government of Alberta, Human Resources and Employment; Alberta Queen's Printer, Edmonton, AB http://www3.gov.ab.ca/hre/whs/publications/pdf/OHSC-1.pdf
Colombie-Britannique	0,3 ppm, VEMP 8h 1 ppm, plafond	British Columbia Regulation 315/2003 http://regulation.healthandsafetycentre.org/s/Policies-Part5.asp#SectionNumber:R5.48-1
Île-du-Prince-Édouard	0,3 ppm, plafond	Occupational Health and Safety Act Regulations (article 11.3) http://www.gov.pe.ca/photos/original/wcb_ohs_regs.pdf
Manitoba	1 ppm, VEMP 8h 2 ppm, VECD 15 min	Règlement sur les risques sanitaires dans le lieu de travail (53/88) http://web2.gov.mb.ca/laws/regs/pdf/w210-053.88.pdf
Nouveau-Brunswick	0,5 ppm, VEMP 8h 1,5 ppm, VECD 15 min	Règlement du Nouveau-Brunswick 91-191 (article 23.1) http://www.gnb.ca/0062//regl/91-191.htm
Nouvelle-Écosse	0,3 ppm, plafond	Occupational Health Regulations [article 4(1)] http://www.gov.ns.ca/just/regulations/regs/ohs11276.htm
Ontario	1 ppm, VEMP 8h 2 ppm, VECD 15 min	Control of Exposure to Biological or Chemical Agents (Regulation 833) http://www.e-laws.gov.on.ca/DBLaws/Regs/English/900833_e.htm
Québec	2 ppm, plafond	Règlement sur la santé et la sécurité du travail http://www.csst.qc.ca/Lois/pdf/RSST.pdf
Saskatchewan	0,3 ppm, plafond	Occupational Health and Safety Regulations http://www.labour.gov.sk.ca/safety/chemical-sub-guide/appendix-1.htm

Juridiction	Valeur limite	Référence
Terre-Neuve	0,3 ppm, plafond	Consolidated Newfoundland and Labrador Regulation 1165/96 (article 25-11) http://www.gov.nf.ca/hoa/regulations/rc961165.htm

VEMP = Valeur d'exposition moyenne pondérée; VECD = Valeur d'exposition de courte durée

Tableau 2 : Valeurs limites d'exposition au formaldéhyde en vigueur dans dix pays étrangers

Juridiction	Valeur limite	Référence
Allemagne	0,3 ppm, VEMP 8h 1 ppm, plafond	Deutsche Forschungsgemeinschaft (2002) List of MAK and BAT Values 2002 - Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area - Report No. 38. Wiley-VCH, Weinheim, Federal Republic of Germany
Australie	1 ppm, VEMP 8h 2 ppm, VECD 15 min	http://www.nohsc.gov.au
Belgique	0,3 ppm, VECD 15 min	Minstère fédéral de l'emploi et du travail http://meta.fgov.be/pdf/pk/frkfg03.pdf
Danemark	0,3 ppm, VECD 15 min	Arbejdstilsynet (2002) Grænseværdier for stoffer og materialer. Arbejdstilsynet, København http://www.arbejdstilsynet.dk/graphics/at/pdf/At-vejledninger/C01-GV-liste-oktober-2002.pdf
États-Unis	0,75 ppm, VEMP 8h (intervention: 0,5ppm) 2 ppm, VECD 15 min	29 Code of Federal Regulations 1910.1048 http://www.osha.gov./pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10075
Finlande	0,3 ppm, VEMP 8h	http://www.occuphealth.fi/internet/english
Israël	0,3 ppm, VEMP 8h ou VECD, 15 min	Coleman, R. (1995) Reducing the Levels of Formaldehyde Exposure in Gross Anatomy Laboratories. The Anatomical Record 243:531-533
Royaume-Uni	2 ppm VEMP 8h et VECD 15 min	Harvey, B., Editor (2002) Handbook of Occupation Hygiene. Kluwer Publishing, Brentford, Middlesex, UK
Suède	0,5 ppm, VEMP 8h 1 ppm, plafond	SNBOSH (2000) Occupational Exposure Limit Values and Measures against Air Contaminants (AFS 2000:3). Swedish National Board of Occupational Safety and Health, Solna
Suisse	0,3 ppm, VEMP 8h 0,6 ppm, VECD 15 min	SUVA (2001) Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2001. Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents, Lucerne

Tableau 3 : Valeur limites d'exposition au formaldéhyde – Organismes internationaux

Organisme	Valeur limite	Référence
ACGIH	0,3 ppm, plafond (depuis 1992)	ACGIH (2003) TLVs® and BEIs® Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH
DECOS	0,12 ppm, VEMP 8h	Dutch Expert Committee on Occupational Standards (2003) Formaldehyde - Health-based recommended occupational exposure limit. Health Council of the Netherlands (publication no. 2003/02OSH), The Hague http://www.gr.nl/pdf.php?ID=623
JSOH	0,5 ppm, VEMP 8h	Japan Society for Occupational Health (2000) Recommendation of Occupational Exposure Limits (2000-2001). Journal of Occupational Health 42(4):213-228
NIOSH	0,016 ppm, VEMP 8h 0,1 ppm, plafond	NIOSH (1992) NIOSH Recommendations for Occupational Safety and Health - Compendium of Policy Documents and Statements. United States Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Standards Development and Technology Transfer (DHHS (NIOSH) Publication No. 92-100), Cincinnati, OH http://www.cdc.gov/niosh/92-100.html

3. MÉTHODOLOGIE

L'étude des impacts sanitaires et socio-économiques de l'abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde est faite d'une part à partir du profil d'exposition des travailleurs québécois sous la forme d'une matrice exposition-secteur d'activité économique et, d'autre part, à partir de la connaissance du risque et des effets sur la santé pour l'impact sanitaire et de la connaissance des coûts et des bénéfices des correctifs nécessaires et des moyens préventifs pour l'impact socio-économique.

L'étude préliminaire portant sur la faisabilité de la présente recherche a conduit à l'élaboration d'une matrice s'inspirant des travaux de OSHA mettant en relation le secteur d'activité économique américaine (SIC-1987) et la répartition du nombre d'établissements et du nombre de travailleurs exposés par plages de concentrations d'exposition (1,2). Ces secteurs d'activités économiques étaient répartis en trois groupes dans lesquels l'exposition des travailleurs variait de la façon suivante : groupe 1 : 0,1 à >1 ppm ; groupe 2 : 0,1 à 1 ppm; groupe 3 : 0,1 à 0,5 ppm. Utilisant les mêmes groupes d'activités économiques mais répartissant les travailleurs dans les plages de concentrations >2 ppm; 2–1 ppm; 1-0,75 ppm; 0,75-0,3 ppm et <0,3 ppm, une matrice préliminaire a évalué la population québécoise à 95 000 travailleurs exposés dans 2 500 établissements dans plus de 140 secteurs d'activités économiques.

L'examen critique des limites de ces résultats a toutefois indiqué que les données étaient incomplètes et que l'estimation de la population de travailleurs exposés était incertaine. La description de la population devait donc être complétée, validée et raffinée par l'introduction d'informations complémentaires et spécifiques au Québec sur les secteurs d'activités, les procédés et les postes de travail. Idéalement, des mesures d'exposition devraient être prises de façon standardisée, répétée et aléatoire dans tous les établissements pour tous les travailleurs exposés ou susceptibles d'être exposés, à la fois pour les VEMP et pour les valeurs plafond. Cette démarche idéale aurait exigé un investissement énorme en ressources humaines et techniques et nous a semblé, à toute fin pratique, irréalisable. Des approches différentes ont été utilisées pour les groupes 1 et 2 et pour le groupe 3.

Les secteurs des groupes 1 et 2, qui sont a priori les plus exposés, ont fait l'objet d'une investigation détaillée dont la méthodologie s'est adaptée sur la base de jugements d'experts, sur la qualité de l'information existante concernant l'exposition et sur la possibilité d'obtenir de l'information additionnelle par prélèvement dans les établissements concernés. L'approche commune pour ces secteurs (décrite en 3.1) a été de bâtir des matrices à partir de données d'échantillonnage dans les établissements québécois, lorsque possible, et de compléter par les données issues de la littérature et de la consultation d'experts. Pour le groupe 3 qui inclut l'ensemble des secteurs d'activité économique a priori les moins exposés, l'approche est basée essentiellement sur la littérature et la consultation d'experts (décrite en 3.2).

La recherche a débuté par une phase d'approfondissement et de validation au cours de laquelle le secteur de l'industrie des panneaux agglomérés (CAEQ 2593) a été étudié dans le plus grand détail. Cette première phase découlait du besoin d'appuyer le déroulement de la recherche sur une expérience concrète de l'ensemble de ses dimensions, permettant ainsi de consolider sa méthodologie. Les objectifs spécifiques étaient :

- L'examen, la comparaison et la validation de l'ensemble des sources d'information sur

l'exposition
- L'obtention par mesurage d'un portrait représentatif de l'exposition des travailleurs de ce secteur pour établir la matrice du secteur, permettre des comparaisons avec d'autres sources et tester la pertinence des déterminants établis à partir de la littérature
- La validation de certains aspects reliés aux techniques de mesurage
- L'examen, la comparaison et la validation des sources et modes d'information sur les effectifs (les établissements et le nombre de travailleurs), l'impact socio-économique et l'impact sur la santé.

Les résultats de cette première phase sont évoqués dans diverses parties du rapport. De façon plus spécifique, divers éléments sont rassemblés dans l'annexe sectorielle portant sur l'industrie de fabrication des panneaux agglomérés (Annexe 3).

3.1 Groupes 1 et 2

Considérant :
- La nature disparate des diverses sources d'information, ayant toutes des qualités et des défauts, sans qu'aucune ne puisse fournir la totalité de l'information requis
- L'impossibilité (ressources et faisabilité) de procéder à des échantillonnages représentatifs dans l'ensemble des secteurs identifiés, mais reconnaissant l'intérêt que pourrait avoir des échantillonnages ciblés
- L'existence d'une expertise spécialisée sur l'exposition au formaldéhyde parmi les chercheurs et dans différents regroupements professionnels qui se sont montrés prêts à collaborer
- L'importance stratégique de la qualité de l'inventaire de la population quant au nombre et à l'exposition des travailleurs

une approche mixte par expertise et démarche classique d'hygiène industrielle a été suivie pour consolider les données de la matrice préliminaire sur les industries, les effectifs et la distribution des travailleurs exposés en y ajoutant les données relatives aux postes de travail c'est-à-dire appuyer les données de chacune des lignes de la matrice exposition-secteur d'activité économique par une matrice emploi-exposition.

Les principales étapes pour produire la matrice finale exposition-secteur d'activité économique devant permettre l'étude des impacts sanitaires et socio-économiques ont donc été de :

- Valider les secteurs d'activité économique où le formaldéhyde était effectivement utilisé
- Identifier les établissements québécois dans chacun de ces secteurs d'activité économique; pour ces établissements, estimer le nombre total de travailleurs et le nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde
- Évaluer les concentrations d'exposition des travailleurs de ces établissements par professions normalisées
- Construire les matrices emploi-exposition et établissement-exposition par secteur d'activité économique
- Recueillir des informations sur les déterminants de l'exposition et les sources d'émission de formaldéhyde

Et parallèlement à cette démarche,

- Recueillir des informations sur les effets sur la santé et l'analyse du risque d'une exposition au formaldéhyde
- Recueillir des informations sur les coûts des correctifs et moyens de prévention et sur la situation économique des secteurs d'activité étudiés.

Les activités menées à l'intérieur de chacune de ces étapes sont décrites ci-après.

3.1.1 Validation des secteurs d'activité économique

La liste des secteurs identifiés dans le rapport préliminaire a été étudiée en regard de la méthodologie utilisée par OSHA et de la situation québécoise quant aux procédés industriels utilisant effectivement du formaldéhyde. Pour ce faire, les procédés et les produits fabriqués ont été documentés d'abord par une revue de la littérature scientifique et technique puis par une confirmation pour le marché québécois. Cette confirmation a été faite par la consultation d'experts sectoriels (centres de formation, associations sectorielles ou professionnelles, fournisseurs), par communication avec des ressources du réseau de la santé, par enquête téléphonique auprès d'établissements et lors des interventions sur le terrain.

3.1.2 Identification des établissements et des travailleurs québécois

Cette étape vise à répertorier les établissements québécois appartenant réellement au secteur d'activité choisi. Ceci est essentiel pour déterminer le nombre réel d'établissements et de travailleurs potentiellement exposés. Les sources de données consultées sont décrites ci-après.

3.1.2.1 Systèmes de classification d'activité économique

Le découpage et la description des secteurs d'activité économique relèvent des organismes publics de statistiques. Au Québec, trois systèmes classifient les établissements par activités économiques : la « Classification des activités économiques du Québec » de 1984 (CAEQ) (50), très apparentée à la « Classification type des industries – 1980 » (CTI) (51) et le « Système de classification des industries de l'Amérique du Nord : Canada 1997 » (SCIAN) qui a remplacé le CTI 1980 depuis 1997 (52).

L'utilisation d'un système donné et la classification d'un établissement selon un code d'activité économique sont en fonction des objectifs de l'organisme la classifiant et du niveau de détail utilisé par celui-ci pour atteindre cet objectif. Ainsi, la CSST et le réseau public utilise la CAEQ alors que les principaux pourvoyeurs de données (Statistique Canada, Institut de la statistique du Québec, Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)) diffusent des informations selon la classification SCIAN, beaucoup mieux adaptée à la réalité industrielle nord-américaine actuelle. Cependant, étant donné la disponibilité de plusieurs données de base classées selon la CAEQ et son utilisation par la CSST, ce système a été conservé pour les fins de l'étude.

Une étude de concordance des trois systèmes était faite dans chacun des secteurs pour déterminer les établissements devant faire partie de l'industrie visée.

3.1.2.2 Banques de données

Quatre banques de données ont été principalement consultées.

- Base de données et fichiers CSST

Le fichier des établissements de la CSST permet d'identifier les établissements selon leur code CAEQ mais ne donne qu'une estimation du nombre de travailleurs via la masse salariale. Elle ne fournit aucune information sur l'exposition des travailleurs, sur les produits spécifiques utilisés en milieu de travail ou sur les procédés. Les données du CAEQ ne peuvent servir qu'à mesurer le nombre d'établissements par classe industrielle.

La base de données des lésions professionnelles indemnisées par la CSST et les dossiers de retrait préventif sont d'autres sources possibles d'informations permettant de connaître le nombre de dossiers pour lesquels le formaldéhyde a été identifié comme agent agresseur.

- Banque d'information industrielle du CRIQ

La banque d'information industrielle du CRIQ gère un répertoire sur les établissements manufacturiers du Québec, classifiés selon la CAEQ et le SCIAN (http://www.icriq.com). Ce répertoire est composé de déclarations volontaires obtenues annuellement, donc avec un taux de participation plus faible que celui de la CSST, mais il comporte beaucoup plus d'informations concernant les produits fabriqués. Bernard Turgeon du CRIQ estime à 90 % la couverture des entreprises québécoises dans leur banque de données (communication personnelle, mars 2001). Il est cependant raisonnable d'émettre l'hypothèse que les petits établissements sont sous-représentés.

- Banque de données de Statistique Canada

L'Enquête Annuelle des Manufactures (EAM) fournit des renseignements sur les industries manufacturières au Canada. Cette enquête procure le nombre d'établissements, le nombre total de travailleurs, les coûts des combustibles et de l'électricité, les coûts des traitements et salaires, les coûts des matières premières et la valeur des livraisons. Les données sont à la fois pour le Canada mais aussi par province, ce qui permet d'établir une comparaison entre par exemple le Québec et le reste du Canada.(http://www.statcan.ca/start_f.html).

- Banque de données Strategis

Strategis est le site Internet d'Industrie Canada, qui présente une analyse statistique des tendances en matière d'établissements, d'emploi, de traitements et de salaires, de production, de coûts de fabrication, d'investissement, de commerce international et de rendement des industries manufacturières canadiennes pour les dix années les plus récentes.
(http://strategis.ic.gc.ca/sc_ecnmy/sio/homepagf.html).

3.1.2.3 Autres sources

Des informations sur le nombre de travailleurs ont aussi été obtenues auprès des associations et corporations professionnelles telles que celles des thanatologues, des pathologistes et des technologues médicaux.

Les visites en établissements ont permis d'obtenir des données actualisées sur le nombre de travailleurs.

Le « Registre des entreprises » de Statistique Canada renferme toutes les entreprises canadiennes qui réalisent un chiffre d'affaire minimal de 30 000 $, qui sont constituées en vertu d'une loi fédérale ou provinciale et qui ont rempli un formulaire fédéral de revenus des sociétés au cours des trois dernières années. Le Registre utilise la classification économique SCIAN. Cette base de données serait la plus complète concernant les entreprises mais ne contient pas de champs sur les produits fabriqués ou noms de marque comme celle du CRIQ. Le coût prohibitif de l'obtention d'un extrait des entreprises situées au Québec a été un frein à son utilisation dans le cadre de la présente recherche.

Une enquête par navigation sur Internet a été réalisée concernant trois autres banques de données disponibles en ligne concernant les établissements : Scott's Directories (http://www.scottsinfo.com/), Frazers Canadian Trade Directory (http://www.frasers.com/) et ZipCom (maintenant Zip411 : http://www.tamec.com). Scott's contient 33 831 sociétés situées au Québec, codées d'après les classifications économiques CTI et SCIAN et incluant des champs sur les coordonnées de la société, le nombre de travailleurs dans l'usine et dans les bureaux ainsi que les produits fabriqués. Le site Web de Scott's ne donne pas d'information concernant la validation des données sur les établissements ou la couverture de leur banque de données. L'utilisation du Scott's exige un abonnement. Le site Web de Frasers donne peu d'information sur leur banque de données mais cette dernière semble contenir moins d'enregistrements que celle de Scott's. Son accès est cependant gratuit moyennant l'enregistrement de l'internaute. La banque ZipCom est un outil de recherche pour fins de télémarketing, d'envois par la poste et par télécopie. Le site Web ne donne pas d'information concernant la couverture des établissements ou la validation des données. Cette banque fournit principalement et gratuitement les coordonnées des sociétés. En conclusion, les contenus de Scott's, Frasers et ZipCom sont trop limités.

3.1.3 Évaluation des concentrations d'exposition

Trois sources d'informations ont été utilisées pour documenter les concentrations d'exposition des travailleurs soit les données de la littérature incluant les articles scientifiques et les bases de données, les mesures en établissements faites par l'équipe d'hygiène du travail de l'IRSST et les mesures en établissements provenant des CLSC ou des entreprises elles-mêmes.

3.1.3.1 Données de la littérature et bases de données

Une recherche bibliographique de la littérature scientifique et technique a été effectuée pour identifier les articles rapportant des mesures de formaldéhyde dans l'air des locaux de travail dans tous les secteurs d'activité économique. Les bases de données bibliographiques suivantes

ont été compulsées avec les mots clefs anglo-saxons « formaldehyde », « occupational exposure » et autres mots clefs spécifiques à certains secteurs industriels : BIOSIS, CA Search, CISILO, Current Contents, HSELINE, INRS-biblio, ISST, Medline, NIOSHTIC, NTIS, POLTOX, TOXLINE.

Les trois encyclopédies suivantes ont été systématiquement consultées pour identifier les articles techniques traitant des procédés impliquant le formaldéhyde :

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology (53)
Techniques de l'Ingénieur (http://www.techniques-ingenieur.fr/)
Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (54)

Divers documents de la littérature grise ont été identifiés sur le site Web de l'agence américaine de protection de l'environnement (U.S. EPA : http://www.epa.gov) et ailleurs dans Internet par l'intermédiaire de moteurs de recherche. Des monographies techniques ont été identifiées à partir des catalogues de diverses bibliothèques universitaires (p. ex. École polytechnique). Plusieurs documents issus du dossier d'OSHA (Docket No. 225) concernant l'étude d'impact (2) de cet organisme pour le formaldéhyde et devant mener à leur règlement final de 1992 ont été obtenus lors d'une visite à Washington, DC.

Une partie de la recherche bibliographique sur les produits de substitution et procédés de rechange avait été réalisée dans le cadre de l'étude préliminaire (1 : annexe 4). Cette recherche a été complétée lors de l'étude de chaque secteur industriel en consultant la littérature technique mentionnée plus haut et en discutant avec des spécialistes industriels. Dans certains cas, des experts industriels ou d'écoles d'ingénierie nous ont transmis des données d'exposition ou nous ont indiqué l'existence de sources documentaires concernant les procédés.

Des extraits des deux bases de données d'expositions professionnelles suivantes ont été obtenus pour le formaldéhyde : Integrated Management Information System (IMIS) (55) et National Exposure Database (NEDB) (56). IMIS compile les résultats des mesurages effectués par les inspecteurs d'OSHA concernant les contaminants dans l'air des locaux de travail des entreprises aux États-Unis. NEDB correspond aux mêmes types de mesures recueillies par les inspecteurs du Health and Safety Executive dans les entreprises britanniques.

3.1.3.2 Mesures en établissements par l'IRSST

Dans le but d'établir un portrait de l'exposition actuelle des populations de travailleurs exposés ou susceptibles d'être exposés au formaldéhyde dans l'industrie québécoise, des mesures ont été prises dans les établissements. Ces mesures reflètent les activités et les conditions d'opération et climatiques existantes au moment de l'intervention.

- Choix des établissements

Pour les groupes 1 et 2, les établissements visités ont été choisis de façon à documenter, pour chacun des différents procédés utilisés au Québec à l'intérieur de chaque secteur d'activité économique, les professions et les postes où les travailleurs peuvent être exposés au

formaldéhyde, leur plage d'exposition, les principales sources d'émission et les correctifs les plus appropriés. Lorsque les concentrations étaient inférieures à 0,3 ppm et qu'elles étaient corroborées par les données obtenues par les CLSC dans des établissements similaires, aucun autre établissement du secteur n'était sollicité. Le nombre d'établissements visités est basé sur un jugement d'experts conciliant parfois le grand nombre d'établissements, l'impossibilité pratique de sélectionner les industries au hasard, le choix d'au moins un établissement par procédé ou par taille et la collaboration des établissements. Les établissements participants ont été contactés directement par l'IRSST, par le CLSC responsable du programme de santé ou par un représentant d'une association sectorielle ou manufacturière. La participation s'est faite sur une base volontaire. Les objectifs et le déroulement de la recherche ont été présentés aux représentants de l'établissement et des travailleurs; des dépliants explicatifs, spécifiques au secteur concerné, étaient disponibles pour l'ensemble des travailleurs. Un rapport a été remis aux représentants de l'établissement et des travailleurs de chacune des usines participantes.

- Choix des travailleurs

Au cours de la visite de l'usine et en accord avec les représentants de l'établissement et des travailleurs, les postes de travail où il y avait possibilité de présence de formaldéhyde dans l'air étaient identifiés. Les travailleurs ont été choisis de façon à évaluer le plus grand nombre possible de ces postes et le plus grand nombre possible de titulaires par poste. Dans les cas où l'environnement de travail était jugé stable dans le temps et représentatif de l'exposition des travailleurs y oeuvrant, les mesures étaient prises en ambiance générale en postes fixes. Il s'agissait par exemple de salles de contrôle, de postes de contrôle de la qualité et de laboratoires.

- Méthodes de mesure

Deux méthodes ont été utilisées pour mesurer le formaldéhyde, l'une permettant des échantillonnages de longue durée et la seconde permettant des lectures directes instantanées.

La méthode longue durée consiste à prélever le formaldéhyde sur des tubes de polymère XAD-2 imprégnés d'hydroxyméthyl pipéridine, à l'aide de pompes personnelles d'échantillonnage fonctionnant à un débit entre 0,2 et 0,3 litre par minute pour des périodes d'échantillonnage représentatives du travail effectué pendant le quart de travail, selon nos observations et les discussions avec les travailleurs, les contremaîtres et les responsables santé et sécurité (57). Ainsi, pour la majorité des travailleurs, des prélèvements en zone respiratoire étaient faits avant et après la pause du midi pour des durées de 2 à 4 heures chaque fois. Lorsque les concentrations attendues étaient faibles, le même système d'échantillonnage était utilisé toute la journée. Certaines tâches particulières de courte durée et susceptibles de libérer du formaldéhyde ont fait l'objet d'échantillonnage de plus courte durée. Des prélèvements ont aussi été faits à des postes fixes de travail jugés représentatifs de l'exposition des travailleurs y oeuvrant, pendant la réalisation de tâches spécifiques ou près de sources d'émission où les travailleurs pouvaient être appelés à œuvrer dans le cadre de leur travail. La durée d'échantillonnage pouvait alors varier de 1 à 6 heures selon la concentration de formaldéhyde attendue. L'analyse des tubes était faite en laboratoire par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur NPD selon la méthode IRSST 295-1 (58). La limite de détection de cette technique est de 2 µg. Le coefficient de variation de la méthode analytique est de 0,045, celui estimé pour la pompe est de 0,05, ce qui donne un coefficient de variation totale de la méthode de 0,067 ou 6,7 %.

La méthode à lecture directe utilise un instrument fonctionnant par infrarouge muni d'un détecteur photoacoustique de marque Innova modèle 1312. Compte tenu des paramètres de l'instrument, son temps de réponse est de 60 secondes et sa limite de linéarité est de 0,12 ppm, bien qu'il puisse lire des valeurs inférieures. La précision rapportée par le manufacturier est de 1%. La problématique reliée aux produits pouvant interférer sur la réponse de l'analyseur est une préoccupation importante pour toute méthode de détection des gaz. Étant donné que les gaz absorbent la lumière infrarouge sur une gamme spectrale étroite, et seulement aux longueurs d'ondes spécifiques aux liaisons chimiques présentes, les instruments se basant sur la spectroscopie infrarouge offrent une grande sélectivité. Il peut cependant arriver qu'un gaz présent soit de structure très similaire à celle du gaz à détecter. Leurs spectres sont donc très semblables et les bandes d'absorption se chevauchent. Dans ce cas, il est encore possible d'obtenir une bonne sélectivité en irradiant les gaz à des longueurs d'onde pour lesquelles ils ont un coefficient d'absorption différent. L'Innova 1312 permet ce genre d'opération lorsqu'il est étalonné et utilisé en mode « interférence croisée ». Dans le cadre de la présente étude, l'appareil fonctionnait en interférence croisée avec 3 filtres de longueur d'onde différente soit le filtre UA 0986 pour la détection du formaldéhyde, le UA0936 pour le méthanol et le UA0527 pour la vapeur d'eau (59).

Cet analyseur a été utilisé pour mesurer le formaldéhyde dans l'environnement des travailleurs et aux sources d'émission. Les mesures étaient prises sur des périodes allant de quelques minutes pour les tâches de courte durée à un minimum de 30 minutes pour les autres postes. Les données sont mises en mémoire à toutes les minutes. Le logiciel de traitement des données rapporte pour la période de prélèvement les valeurs minimum, maximum et moyenne.

Lorsque le nombre de travailleurs à évaluer était inférieur à 10, les disponibilités instrumentales et humaines nous ont permis de faire l'échantillonnage sur une seule journée. Pour les plus grands établissements, l'échantillonnage a duré deux et quelquefois trois jours consécutifs. Ces mesures reflètent les conditions de production et climatiques existantes ces journées-là. Elles ne tiennent compte ni des variations de concentrations normales dans une entreprise ni celles entre les travailleurs occupant un même poste. En hygiène industrielle, la variation suit habituellement une distribution log-normale.

Il est à noter que les valeurs d'exposition calculées à partir de ces mesures ne tiennent pas compte du port de protection respiratoire par les travailleurs, ni des procédures de sécurité mises en place par les établissements.

3.1.3.3 Mesures du réseau public en santé au travail et des entreprises

- Base de données SMEST

La base de données électroniques SMEST (Surveillance médico-environnementale de la santé des travailleurs) compile les données recueillies dans le cadre des activités des équipes de santé au travail du réseau public québécois des Centres locaux de services communautaires (CLSC). Les données se rapportent principalement aux entreprises des secteurs prioritaires de la CSST (15 secteurs d'activité économique sur 32).

L'annexe 1C de l'étude préliminaire (1) détaille les données disponibles dans le SMEST pour le formaldéhyde. Il y a 266 fonctions usuelles évaluées pour le formaldéhyde, regroupant 2029 travailleurs dans 56 codes CAEQ, 130 codes de la Classification canadienne descriptive des professions (CCDP) à 7 chiffres ou 77 codes CCDP à 4 chiffres. Il est possible de connaître une exposition quantitative estimée pour 72 % des travailleurs, et une exposition qualitative (profil faible / moyen / élevé) pour les autres.

Seule la banque provinciale de données du SMEST était accessible dans le cadre de cette recherche. Or une fraction seulement des variables sont conservées au niveau provincial. Ainsi, la banque provinciale de données ne comprend pas les données brutes ni les notes de terrain. Les données ont commencé à être saisies systématiquement au niveau local vers la fin de 1993 et cette saisie systématique a cessé vers la fin de 1997, du moins dans le module hygiène industrielle. Tous les établissements dans un secteur prioritaire ne sont pas étudiés de façon systématique avec une évaluation des risques. Les données d'hygiène n'ont pas été saisies dans les SMEST locaux pour une proportion inconnue de dossiers. Il est impossible de retrouver une exposition estimée dans la banque provinciale pour ces dossiers. Dans un établissement donné toutes les fonctions (emplois) ne sont pas étudiées. Le traitement des données en deçà de la limite de détection n'est pas clairement établi. La validité de l'exposition estimée n'a jamais été établie. Pour toutes ces raisons, le SMEST n'a pas été utilisé dans le cadre de cette recherche.

- LIMS

Le système d'information des laboratoires de l'IRSST (LIMS, Laboratory Information Management System) contient les résultats d'échantillonnage à l'état brut pour les analyses environnementales demandées principalement par les intervenants des CLSC. Les données sont plus nombreuses que celles du SMEST. Le recours à cette banque de données est limité, d'autant plus que la profession n'est pas codée. Cependant, elle a parfois permis de mettre en évidence des entreprises avec exposition potentielle, ce qui a par la suite été confirmé ou infirmé par les intervenants des CLSC.

- CLSC

Les soixante-cinq équipes de santé au travail des CLSC produisent régulièrement des rapports d'hygiène industrielle destinés aux entreprises qu'elles visitent dans le cadre de l'élaboration ou de la mise à jour des programmes de santé au travail exigés par la Loi sur la santé et la sécurité du travail, pour les secteurs jugés prioritaires par la CSST. Ces rapports ne sont pas disponibles dans une banque de données centralisée. Il n'a pas été possible de demander aux CLSC que l'on nous expédie tous les rapports d'hygiène industrielle où le formaldéhyde a été mesuré dans les entreprises québécoises. À part du secteur de la fabrication des panneaux de bois agglomérés (CAEQ-2593) où tous les rapports d'hygiène industrielle existants ont été obtenus des CLSC couvrant les douze entreprises québécoises, seulement quelques rapports nous ont été communiqués par des CLSC, parfois avec la permission écrite des entreprises concernées.

- Entreprises

Peu d'entreprises nous ont communiqué leurs données d'exposition au formaldéhyde. Il s'agit essentiellement de sociétés du secteur de l'industrie chimique de la fabrication du formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde.

3.1.4 Construction des matrices

Selon la disponibilité et la convergence des informations, les matrices établissement-exposition et emploi-exposition ont été établies à partir des données recueillies dans les entreprises par l'IRSST, des données des entreprises elles-mêmes, des donnés de la littérature ou par une combinaison de ces trois sources.

3.1.4.1 Données de la littérature

Des matrices ont été construites à partir des données de la littérature pour les secteurs « Fabrication de panneaux agglomérés » et « Fonderies », en utilisant la méthode par expertise. Une analyse détaillée de cette méthode est présentée dans les annexes 3 et 7. La méthode par expertise vise à établir la matrice emploi-exposition (MEE) des travailleurs du Québec en utilisant toutes les sources documentaires disponibles : littérature scientifique et bases de données d'exposition des services d'inspection des États-Unis (IMIS) et du Royaume-Uni (NEDB).

En démontrant ou en présumant que les diverses mesures de formaldéhyde documentées sont représentatives des conditions d'exposition au Québec, on estime que ces valeurs d'exposition font partie d'une distribution statistique représentative de l'ensemble des travailleurs. Les valeurs individuelles sont ensuite regroupées par procédé industriel et par profession normalisée selon des définitions spécifiques à la présente recherche. Il s'agit ensuite d'estimer les paramètres statistiques descriptifs de l'ensemble à partir des valeurs regroupées. En appliquant ces paramètres à l'ensemble des travailleurs potentiellement exposés au formaldéhyde au Québec, on obtient la distribution de cette population dans les cinq plages d'exposition définies au début (< 0,3 ppm; 0,3 – 0,75 ppm; 0,75 – 1,0 ppm; 1,0 – 2,0 ppm; > 2,0 ppm).

Dans le cas du secteur « Fabrication de panneaux agglomérés », des matrices emploi-exposition ont été élaborées pour chacune des sources documentaires afin de les comparer.

Pratiquement aucune donnée d'exposition au formaldéhyde nous a été rapportée concernant les fonderies québécoises. Par contre les banques de données IMIS et NEDB ainsi que la littérature contenaient plusieurs données d'exposition pour cette industrie. Elles ont donc servi exclusivement pour la réalisation des matrices dans ce secteur.

3.1.4.2 Mesures en établissements par l'IRSST

Pour un secteur d'activité donné, les matrices d'exposition ont été construites en deux temps. Tout d'abord, une matrice d'exposition 8 heures et une matrice d'exposition plafond étaient faites pour chaque établissement visité en répartissant les travailleurs dans les plages d'exposition ciblées. Par la suite, des matrices globales ont été construites en combinant les matrices individuelles des établissements et en répartissant les travailleurs des autres établissements du secteur selon la répartition observée dans les usines évaluées.

Pour bâtir les matrices individuelles des établissements, des valeurs d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures et des valeurs d'exposition plafond ont été attribuées à chaque travailleur. Ces travailleurs ont ensuite été classés par profession normalisée et par secteur d'activité. Pour

chacune de ces professions, le nombre de titulaires a été établi à partir des données fournies par les établissements.

Les valeurs d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures (VEMP) ont été calculées à partir des mesures prises en zone respiratoire des travailleurs ou en air ambiant pour les postes où l'environnement était jugé représentatif de l'exposition; elles ont été calculées de la façon suivante :

$$VEMP = \frac{C_1T_1 + C_2T_2 + \ldots + C_nT_n}{T_1 + T_2 + \ldots + T_n} \quad \text{où}$$

VEMP : valeur d'exposition moyenne pondérée –8 heures en mg/m³ .
C_n : concentration mesurée en zone respiratoire ou au poste de travail.
T_n : temps en minutes de la période échantillonnée.
1,2,...n : indication de la période échantillonnée.
$T_1 + T_2 + \ldots + T_n = 480$ minutes (ou 8 heures).

Pour les périodes non échantillonnées, la valeur moyenne arithmétique obtenue pour la période échantillonnée de la même tâche a été appliquée. Pour les situations où la période effectivement travaillée était égale ou supérieure à 8 heures, la VEMP était une moyenne arithmétique calculée pour 8 heures travaillées.

Lorsque la période effectivement travaillée était de 7 heures, une exposition nulle était considérée pour l'heure de repas.

Les valeurs d'exposition plafond ont été attribuées à partir des mesures prises aux postes de travail, pendant la réalisation de tâches spécifiques susceptibles de libérer du formaldéhyde ou près de sources d'émission où les travailleurs peuvent être appelés à œuvrer dans le cadre de leur travail. Ces mesures proviennent soit des lectures ponctuelles maximales lues par l'analyseur infrarouge, soit des prélèvements sur tube.

Les concentrations obtenues ont été appliquées aux autres travailleurs occupant un poste similaire ou ayant à œuvrer dans le même environnement de travail.

Pour les professions n'ayant pas fait l'objet de mesures tels que les contremaîtres, une plage d'exposition leur a été attribuée par jugement sur leurs tâches et leur environnement de travail.

Les valeurs d'exposition des travailleurs réfèrent aux activités accomplies les journées de prélèvements et aux conditions d'opération (ventilation, produits utilisés, volume de production, etc.) qui prévalaient à ce moment-là. Il est à noter que ces valeurs d'exposition ne tiennent compte ni du port de protection respiratoire par les travailleurs ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises lorsque les travailleurs ont à exécuter des tâches où l'émission de formaldéhyde est importante.

Pour bâtir les matrices globales, tous les travailleurs du secteur concerné ont été répartis proportionnellement dans les plages de concentrations suivant la répartition obtenue pour les établissements évalués ou la connaissance des tâches effectuées. Pour les types d'emploi pour lesquels les valeurs d'exposition moyenne pondérée étaient supérieures à la limite de détection analytique, une étude statistique sur la distribution et les probabilités de dépasser les valeurs limites proposées était faite à l'aide du logiciel élaboré par l'AIHA « Industrial Hygiene Statistics » (60).

3.1.4.3 Autres mesures en entreprises

Une matrice a été construite à partir des données du réseau public de santé au travail et des entreprises pour le secteur « Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde » en utilisant la méthode par expertise. Une analyse détaillée de cette méthode est présentée à l'annexe 6 spécifique à ce secteur. Le grand nombre de valeurs d'exposition québécoises disponibles dans ce secteur, corroborées par les mesures en entreprises de l'équipe IRSST, a rendu accessoire l'utilisation de celles de la littérature et des bases de données.

3.1.5 Identification des déterminants de l'exposition et des sources d'émission

Trois sources d'information ont été utilisées pour documenter les déterminants de l'exposition et les sources d'émission soit les données de la littérature scientifique et technique, les observations en entreprises et la consultation d'experts dans le domaine. Un questionnaire pour aider à la collecte des déterminants de l'exposition a été développé. Un exemple pour le secteur des panneaux agglomérés est présenté à l'appendice 8 de l'annexe 3.

Les tâches susceptibles de libérer du formaldéhyde dans l'air et les sources d'émission ont été identifiées par la description et l'observation des procédés, les échanges avec le personnel et les prélèvements. Des échantillonnages de longue durée sur tubes ou ponctuels à l'aide de l'analyseur photoacoustique ont été faits lors de la réalisation de tâches spécifiques où le formaldéhyde était utilisé et près des sources d'émission lorsque des travailleurs pouvaient y être exposés directement, dans le cadre de leurs activités normales de travail

3.1.6 Approche méthodologique d'analyse des risques pour la santé des travailleurs

Afin d'évaluer les bénéfices pour la santé des travailleurs qu'apporterait un abaissement de la VEA, il était essentiel d'estimer le plus précisément possible la relation dose-réponse entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition d'effets sur la santé des travailleurs dans l'intervalle de concentrations considérées comme valeurs admissibles. À partir des données de la littérature, l'apparition des différents effets toxiques du formaldéhyde observés ou suspectés ainsi que leur degré de sévérité ont été étudiés en fonction des concentrations d'exposition qui sont voisines de la norme actuelle. L'accent a également été mis sur les effets les plus précoces à survenir chez les individus les plus sensibles.

Les effets sur la santé causés par le formaldéhyde varient selon la nature de l'exposition, aiguë, subchronique ou chronique. Une méthodologie distincte a donc été adoptée pour étudier les effets associés à ces différents types d'exposition.

3.1.6.1 Approche méthodologique pour les effets dus à une exposition aiguë

De manière générale, la démarche globale est la suivante:

1. Détermination d'une relation dose-réponse ou exposition-réponse à partir des données de la littérature
2. Application de la relation dose-réponse aux données d'exposition au formaldéhyde dans les différents secteurs industriels au Québec
3. Détermination de l'impact sur la santé de l'abaissement de la norme à 1,0, 0,75 ou 0,3 ppm.

Détermination d'une relation dose-réponse ou exposition-réponse à partir des données de la littérature

La relation entre l'exposition aiguë au formaldéhyde et l'apparition d'effets toxiques sur la santé a été établie sur la base des données de la littérature. Les articles de la littérature concernant le formaldéhyde sont très nombreux et d'une qualité très variable ce qui exige l'établissement de critères de sélection rigoureux afin de parvenir à établir cette relation dose-réponse. Les études disponibles sont de deux types : les études contrôlées et les études réalisées en milieu de travail.

Les critères appliqués sont:

- Les articles qui étudiaient uniquement l'exposition au formaldéhyde et qui couvraient au moins la plage de concentrations de 0 à 2 ppm
- Leur classification selon la qualité scientifique en attribuant trois niveaux de confiance selon cette qualité :
  - 1 faible ou modéré
  - 2 modérément élevé
  - 3 élevé

Les études contrôlées se sont vues automatiquement attribuer un degré de confiance plus élevé (modérément élevé à élevé) car les concentrations en formaldéhyde sont mesurées tout au long de l'étude afin de connaître, avec précision, l'exposition réelle des sujets. Les études en milieu de travail se sont vues attribuer un degré de confiance plus faible (en général modéré) car l'exposition n'était pas contrôlée et le niveau d'exposition pouvait varier. Dans les deux cas, les études dont les protocoles étaient peu rigoureux et qui obtenaient un degré de confiance faible ont été automatiquement rejetées. L'annexe 1 décrit en détail les critères choisis pour l'attribution des degrés de confiance.

Les données suivantes ont ensuite été relevées pour chacune des études retenues (voir annexe 1 pour les détails de cette analyse) :

- La population à l'étude (nombre de sujets, sensibilité ou non des sujets…)
- Les conditions d'exposition (degré et durée d'exposition)
- L'effet mesuré, sa sévérité et le pourcentage de réponse à cet effet parmi les sujets, l'évolution en fonction du temps
- La méthodologie suivie (moyen d'évaluation de l'exposition et des effets, présence d'un groupe contrôle, étude menée en double aveugle)
- Le contrôle ou la présence de facteurs confondants (température de la pièce, taux d'humidité, taux de renouvellement de l'air, présence d'autres substances)

Il ressort que les effets aigus les plus fréquemment étudiés, qui sont également les effets les plus précoces (ceux qui apparaissent pour les concentrations les plus faibles) sont les effets irritants pour les yeux et les voies respiratoires (nez et gorge) ainsi que la perception de l'odeur. Ce sont donc ces effets qui seront retenus pour l'étude de l'impact sur la santé d'une exposition aiguë au formaldéhyde.

L'analyse systématique de toutes les études retenues a permis de combiner l'ensemble des données sur l'exposition au formaldéhyde et les effets associés pour définir la relation globale entre cette exposition et les effets. Les sujets de l'ensemble des études retenues ont été catégorisés en fonction du degré d'exposition, de l'effet étudié et de sa sévérité. Le degré d'exposition a été fractionné en 6 classes distinctes : de 0 à 0,3 ppm, de 0,3 à 0,75 ppm, de 0,75 à 1,0 ppm, de 1,0 à 2,0 ppm, de 2,0 à 3,0 ppm et supérieur à 3,0 ppm (entre 3,0 et <4,0 ppm). Les effets étudiés sont, comme indiqué auparavant : irritation des yeux, du nez, de la gorge et perception de l'odeur. La sévérité de ces effets a été catégorisée comme suit : aucun effet ou effet léger, effet modéré (supportable ou gênant), effet sévère. Le tableau de ce recensement apparaît dans l'annexe 1.

Le recensement a ensuite permis de créer une base de données, de trier et de classer ces informations de façon à pouvoir les exploiter facilement. Une des exploitations résulte en la construction de tableaux, regroupant à la fois les effectifs et les pourcentages de réponse en fonction des trois paramètres cités précédemment.

Les tableaux des pourcentages ont permis la construction de graphiques illustrant la relation dose-réponse. Des modèles mathématiques représentant cette relation dose-réponse sont proposés. Différents modèles ont été testés et le modèle quadratique a été retenu parce qu'il présentait un meilleur ajustement aux données expérimentales.

Les données des études contrôlées ont été comparées à celles des études publiées réalisées en milieu de travail. Pour ces dernières, le traitement a été plus simple que celles en milieu contrôlé puisqu'il n'a pas été possible de classer les effets par sévérité (uniquement présence ou absence d'effet), ni de classifier avec précision l'exposition. Les résultats des études réalisées en milieu de travail ont donc permis uniquement d'appuyer les résultats des études contrôlées, mais ne sont pas assez conséquents pour apporter une information supplémentaire.

Application de la relation dose-réponse aux données d'exposition au formaldéhyde dans les différents secteurs industriels au Québec

Les pourcentages théoriques de réponse attendue (effets irritants selon le degré d'exposition) chez les travailleurs des différents secteurs industriels au Québec ont été estimés à l'aide des modèles obtenus à l'étape précédente. Cette démarche a permis de dégager l'impact global de l'exposition au formaldéhyde sur la santé des travailleurs québécois en termes de fréquence et de sévérité des effets.

Détermination de l'impact sur la santé d'un abaissement de la norme à 1,0 ; 0,75 ou 0,3 ppm

L'impact sur la santé a été déterminé en chiffrant, pour chaque classe d'exposition, le nombre théorique de travailleurs pour lesquels on pourrait potentiellement éviter des effets irritants lors d'un abaissement du degré d'exposition. Par la suite, une réflexion sur la signification des résultats et de leur limite sera effectuée.

3.1.6.2 Approche méthodologique pour les effets dus à une exposition subaiguë à subchronique

Les études disponibles pour évaluer les effets du formaldéhyde sur la fonction pulmonaire, sur le déclenchement de crises d'asthmes et sur la sensibilisation étaient essentiellement les mêmes que celles qui ont permis d'évaluer les effets du formaldéhyde suite à une exposition aiguë. Ces études ont été recensées et analysées afin de dégager la tendance globale.

3.1.6.3 Approche méthodologique pour les effets dus à une exposition chronique

Revue de la littérature

Une liste des différentes études épidémiologiques (de type cas-témoins, cohorte ou méta-analyse) portant sur la relation entre le formaldéhyde et le cancer des voies respiratoires supérieures chez l'humain a été établie. Les cancers évalués dans les études sont les cancers des fosses nasales, du pharynx, du larynx et de la cavité buccale, étant donné la forte plausibilité biologique de ces cancers démontrée dans les études expérimentales animales. La liste des études retenues a été modifiée au fur et à mesure que d'autres études pertinentes étaient obtenues ou lorsque des études étaient jugées non pertinentes après leur lecture, d'après les critères d'exclusion qui suivent.

Critères d'exclusion

Les études portant sur les sites de cancer autres que les cancers des fosses nasales, du pharynx, du larynx et de la cavité buccale, de même que les études portant sur des populations incluses dans de plus récentes études n'ont pas été évaluées. De plus, les études qui n'évaluaient pas l'exposition au formaldéhyde séparément par rapport à d'autres expositions professionnelles n'ont pas été considérées. En effet, les études qui ne permettaient pas d'incriminer le formaldéhyde comme agent causal ont été rejetées. Dans le cas où tous les facteurs peuvent être contrôlés, entre autres l'exposition professionnelle à d'autres substances que le formaldéhyde, l'étude est considérée autant que les autres, mais ce cas ne s'est pas présenté.

En suivant ces critères, au total 33 études épidémiologiques ont été sélectionnées (18 études cas-témoins, 12 études de type cohorte et 3 méta-analyses).

Démarche d'analyse

Les études épidémiologiques sélectionnées ont été résumées, analysées et critiquées. Une première analyse a été réalisée selon certains critères (qualité de la classification des exposés et de leur degré d'exposition, mesures réelles dans l'environnement versus questionnaires, qualité de la classification des maladies, des cas et des témoins, de la puissance de l'étude, contrôle des

facteurs confondants, présence d'une relation dose-réponse, etc.) dans le but de classifier les études selon leur qualité et ainsi éliminer celles dont la qualité est telle qu'aucune conclusion valable peut en être tirée. Celles retenues ont été analysées plus en détails pour vérifier si les résultats obtenus permettent de conclure avec un certain degré de confiance que le formaldéhyde a un potentiel cancérogène chez l'humain, et si oui, à partir de quelle concentration d'exposition.

Une critique des différents articles et une classification selon leur qualité scientifique paraissent constituer une étape essentielle. Les conclusions portent sur des études dont la précision et la validité sont élevées.

À la suite de cette analyse, les études ont été regroupées par type (cohorte, cas-témoin ou méta-analyse) et ont été comparées entre elles. Les résultats, la concordance entre les études de même que les forces et faiblesses de chaque type d'études ont été ressortis, et une analyse fut réalisée dans le but de vérifier si un lien de causalité pouvait être établi lorsqu'une augmentation de l'incidence de cancer est observée.

Afin d'évaluer la relation causale entre l'exposition au formaldéhyde et le risque de cancer des voies respiratoires supérieures, les principaux critères de Hill ont été analysés : la force de l'association, la consistance entre les résultats, la temporalité, la plausibilité biologique, la relation dose-réponse (ou dose-effet) et la spécificité.

3.1.7 Collecte des données sur les coûts et avantages socio-économiques

L'étude de l'impact socio-économique d'un changement de règlement et de ses dispositions met en jeu différents types de coûts et d'avantages qu'il faut estimer selon les variations des normes d'exposition. L'évaluation comprend deux parties :

- L'identification de toutes les sources potentielles de coûts liés à l'abaissement de la norme, de même que des sources d'avantages potentiels, ceux-ci étant principalement constitués de coûts évités du fait de l'abaissement de la norme
- L'évaluation monétaire de chacune des composantes des coûts et avantages.

Pour procéder à cette analyse avantages-coûts, il est nécessaire d'obtenir un bilan quantitatif et qualitatif de tous les éléments suivants :

- Population concernée : profils (nombre) des établissements et des travailleurs exposés par secteurs d'activité (matrice exposition-secteurs d'activité économique)
- Impact des mécanismes autres que réglementaires : inspections, mesures de surveillance, formation des inspecteurs, des membres des comités santé-sécurité au travail, des travailleurs (au besoin), mise en application des programmes de santé
- Faisabilité technologique : identification du nombre d'établissements qui peuvent avoir des problèmes d'exposition structurels (absence de contrôles de génie mécanique) ou inhérents aux processus de fabrication ou d'utilisation. Les coûts sont déterminés par enquête auprès des établissements et consultation d'experts en ingénierie, en hygiène industrielle et en économie
- Coûts potentiels :
    - Moyens de maîtrise de génie mécanique : capital (ventilation, confinement)

- Coût d'opération et de ventilation : dépenses en énergie et entretien des systèmes aérauliques
- Substitution du formaldéhyde et des produits émettant du formaldéhyde
- Modifications des procédés de production et entretien des équipements
- Équipements de protection individuelle (programme de protection respiratoire et acquisition et entretien des respirateurs)
- Retraits pour raisons médicales
- Formation et information
- Modifications des appareils et des procédures de suivi du niveau limite d'exposition
- Charge économique sur le réseau de la santé pour les soins qui ne sont pas pris en compte par le réseau SST
- Détérioration de la performance du procédé (modifications de procédés)

➢ Avantages potentiels :

- Réduction des irritations respiratoires (et autres pathologies potentielles) et du temps de travail perdu (amélioration de la productivité et diminution des compensations monétaires)
- Amélioration de l'information sur les risques d'exposition aux produits chimiques dans les milieux de travail
- Réduction des risques de cancers
- Amélioration de la performance du procédé (modifications de procédés)
- Réduction des retraits préventifs
- Réduction des coûts de la protection individuelle (respiratoire et autres).

Afin d'établir l'impact socio-économique, le Système de Classification des Industries de l'Amérique de Nord (SCIAN) de Statistique Canada qui est le successeur de la Classification canadienne Type des Industries (CTI 1980) a été utilisé, puisque toutes les informations sur les industries provenant de Statistique Canada depuis 1997 sont présentées sous cette classification. Cependant, cette différence de sources de données pose un problème de concordance et de chevauchement entre les codes CTI, CAEQ (Classification des Activités Economiques du Québec) et SCIAN.

Le SCIAN 1997 est une classification économique avec une structure de base à 5 chiffres. Elle définit un ensemble de classes types qui décrivent la structure d'activité et la composition des économies canadienne, américaine et mexicaine à des niveaux de regroupement précis, lorsqu'une classification comparable a fait l'objet d'une entente entre les trois pays. Un sixième chiffre a été ajouté pour y inclure des classes nationales. À partir de 2002, est apparu le SCIAN 2002 qui est une révision du système de classification de 1997 qui pousse encore plus loin le niveau d'accord entre les trois pays en ce qui concerne le secteur de la construction et tient compte des changements importants qui ont eu lieu dans celui de l'information depuis la mise en place du SCIAN.

Les statistiques principales des industries étudiées ont été trouvées dans CANSIM II qui est la base de données socio-économiques de Statistique Canada.

L'évaluation des coûts d'ingénierie a été faite par l'établissement de scénarios suite, d'une part, à l'étude des matrices d'exposition, à l'identification des sources d'émission et aux

recommandations des hygiénistes sur les correctifs et la prévention et, d'autre part, à la consultation d'experts sectoriels (panneaux agglomérés et résines) et d'experts en ventilation (services funéraires, pathologie, meubles). De même, l'évaluation des coûts pour la protection respiratoire a été faite par établissement de scénarios suite à l'étude des matrices d'exposition et la consultation et validation par des experts sectoriels. La démarche qui a permis de calculer les coûts de protection respiratoire est détaillée à l'annexe 2. La démarche d'évaluation des coûts de ventilation est donnée en appendice des annexes sur les services funéraires et les meubles. Il est certain que l'établissement des scénarios est facilité par une présentation descriptive des résultats par poste et par industries plutôt que par une analyse statistique.

L'étude sur les différents effets sur la santé a permis d'identifier des effets potentiels d'irritations sévères et modérées des yeux, du nez et de la gorge suite à une exposition inférieure à 2,0 ppm. L'abaissement de la valeur d'exposition permettrait d'éliminer ces effets irritants. Étant donné l'absence d'indicateurs ou d'informations sur la durée et la fréquence de temps perdu, sur la diminution de productivité ou sur tout autre effet des irritations, nous avons posé l'hypothèse que chaque incident d'irritation causerait un retrait du travail de 15 minutes et que ce retrait du poste de travail surviendrait une fois par trois semaines pour une des trois irritations, tel que proposé à l'annexe 2 suite à des observations informelles recueillies dans différents milieux de travail. Ceci nous permet de calculer les coûts annuels évités en supposant un salaire horaire type du secteur étudié.

Le seuil d'impact majeur a été déterminé pour chacun des secteurs. Il évalue la part des coûts par rapport à la marge brute d'exploitation du secteur. C'est dire que les coûts de fonctionnement (le coût des matières premières, le coût du combustible et électricité et les traitements et salaires) sont soustraits de la valeur des livraisons du secteur afin d'obtenir la marge brute d'exploitation. On peut ainsi évaluer la variation en pourcentage de l'augmentation des coûts que va engendrer un abaissement de la norme du formaldéhyde.

3.2 Groupe 3

Le groupe 3 est défini comme l'ensemble des industries où l'exposition au formaldéhyde était jugée à priori comme étant faible. La liste originale des industries concernées provenait de celle du groupe 3 du « Regulatory impact and regulatory flexibility analysis of the formaldehyde standard » d'OSHA (2) après transformation en codes d'activité canadiens (1). Une refonte de cette liste a été faite suite à une révision des équivalences entre les codes canadiens et américains, à l'ajout de quelques classes économiques qui n'étaient pas de la compétence d'OSHA et à la réévaluation de certaines classes du groupe 1 et 2 d'OSHA en fonction d'améliorations technologiques apparues durant les quinze dernières années. Cette démarche a mené à la création de 22 secteurs d'activité économique.

Après une revue technique approfondie des activités de production dans chaque secteur à l'aide de la littérature, des contacts ont été établis avec des experts techniques au Québec pour confirmer l'information issue de la littérature ou d'OSHA et sa pertinence dans les activités québécoises actuelles.

Dans le cas d'une exposition jugée très faible ou d'un trop petit nombre de travailleurs exposés, un bilan est rédigé en se rapportant aux références consultées.

Dans le cas d'une exposition jugée significative, une recherche concernant les procédés utilisés au Québec, les dossiers d'exposition des CLSC, l'importance économique du secteur et la littérature d'hygiène du travail a été réalisée. En fonction de l'information ainsi recueillie pour chaque secteur en question, une évaluation plus ou moins quantitative des niveaux d'exposition et des impacts socio-économiques est alors effectuée.

4. RÉSULTATS

4.1 Secteurs d'activité économique

Des ajustements et des éléments de précision ont été apportés à la liste des secteurs retrouvée initialement dans le Tableau 8 de l'annexe 2 du rapport préliminaire. Ils proviennent de renseignements additionnels obtenus sur la méthodologie utilisée par OSHA mais surtout de la connaissance de la situation québécoise quant aux procédés industriels utilisant du formaldéhyde.

Le Tableau 4 présente la liste finale des secteurs d'activité économique.

Tableau 4 : Refonte de la liste des secteurs d'activité économique

Secteur d'activité économique	CAEQ 1984	CTI 1980	SCIAN Canada 1997	SIC USA 1987	SIC USA 1977
Groupe 1					
Fabrication de panneaux agglomérés	2593*	2592*	321216*	2493*	2492*
		2593	321217		2499*
Autres produits du bois	2521	2521	321211	2435	2435
		2522	321212	2436	2436
	2522	2521	321211	2435	2435
		2522	321212	2436	2436
	2544*	2549*	321215	2439*	2439*
	2549*	2549*	321919*	2431*	2431*
	2593*	2592*	321216*	2493*	2492*
					2493*
	2599*	2599*	321999*	2499*	2499*
Fabrication de meubles en bois	26*	26*	337*	25*	25*
	2542*	2542*		2434*	2434*
Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde	3712*	3712*	325190*	2869*	2869
	3731*	3731*	325210*	2821*	2821*
			325520*		
Fonderies	2912	2912	331514	3324	3324
				3325	3325
	2941	2941	331511	3321	3321
				3322	3322
	2962*	2961*	331529	3365	3361*
	2971*	2971*		3366	3362*
	2999*	2999*		3369	3369*
Laboratoires de pathologie	861*	861*	622*	806*	806*
Services funéraires - thanatopraxie	9731	9731	812210	7261	7261
Groupe 2					
Industrie de finition textile	1931*	1931*	314910*	2393* 2394*	2393* 2394*
	1992*	1992*	313310*	226	226

Secteur d'activité économique	CAEQ 1984	CTI 1980	SCIAN Canada 1997	SIC USA 1987	SIC USA 1977
	1993*	1993*	313210*	2211* 2221*	2211* 2221*
			313240*	2259*	2259*
			314120*	2391* 2392*	2391* 2392*
	1999*	1991*	313220*	2241* 2397*	2241* 2397*
		1999*	313240*	2258*	2258*
Transformation des matières plastiques	1621*	1621*	326122*	3089*	3079*
	1641*	1699*	326130*	3083*	
	1651*		326191*	3088*	
	1699*				
	3256*	3256*	326193*	3714*	3714*
Groupe 3					
Papier et produits en papier	27	27	322	26	26
Isolants minéraux non métalliques	3594	3594	32799*	3296	3296
Industrie agro-alimentaire	0111	0111	112120	0241	0241
	0114	0114	112310	0251	0251
			112320	0253	0253
			112330	0252	0252
			112390*	0259	0259
	0161	0161	111411	0182	0182
	0162	0162	111219*	0139*	0139*
				0161*	0161
			111419	0182	0182, 0189*
			111422*	0181*	0181*,0189*
	0213*	0213*	112340	0254	0254
	0313	0312*	112510	0273	0279*
		0321*		0921	0921
	1061	1053	311111	2047	2047
			311119	2048	2048
Laboratoires d'enseignement de biologie et médecine & vétérinaire	8521*	8521*	611210*	8222*	8222*
	8531*	8531*	611310*	8221*	8221*
Pièces et composantes électroniques	3352	3352	334410	3672	3679
				3674	
Cabinets dentaires	8653	8653	621210	8021	8021
		8654			8081
Industrie chimique	3711	3711	325130	2865	2865
	3712	3712	325189	2869	2869
	3751	3751	325190	2899	2899
	3761	3761	325510	2851	2851

Secteur d'activité économique	CAEQ 1984	CTI 1980	SCIAN Canada 1997	SIC USA 1987	SIC USA 1977
	3791	3791	325610	2841	2841
Fabrication d'adhésifs	3792	3792	325520	2891	2891
Laboratoires de développement de photographie	2821	2821	812921	7384	7395
Imprimerie	281	281	3231	27	27
Ateliers d'usinage	3081	3081	332710	3599	3599
Fabrication d'abrasifs	3571*	3571*	327910*	3291*	3291*
Fabrication de garnitures et joints d'étanchéité	3255*	3255*	336340*	3292*	3292*
	3592*	3599*	339990*	3053*	3293*
Transformation du cuir	1712	1712	316210	314	314
	1713	1713	316990	316	316
				317	317
Fabrication de fertilisants	3721*	3721	325313	2873	2873
		3722			
	3729	3729	325314	2875	2875
Fabrication de produits de toilette	3771	3771	325620	2844	2844
Fabrication d'explosifs	3793	3799	325920	2892	2892
Produits pharmaceutiques	3741	3741	325410	2834	2834
Fleuristes	6521	6521	453110	5992	5992
Hôpitaux - Hémodialyse	861*	861	622	806	806
Tannage du cuir	1711	1711	316110	3111	3111
Habillement	24	24	315	23	23

* : Indique que le secteur présenté est un sous-ensemble des établissements visés par les classes économiques

4.2 Identification des entreprises et des travailleurs québécois

Le Tableau 5 indique pour chaque secteur d'activité des groupes 1 et 2 la source utilisée pour déterminer le nombre d'entreprises et le nombre de travailleurs qui ont servi à établir les matrices d'exposition.

Tableau 5 : Sources d'information pour déterminer le nombre d'établissements et de travailleurs dans les matrices d'exposition pour les groupes 1 et 2

Secteur d'activité	Sources d'information	
	Nombre d'établissements	Nombre de travailleurs
GROUPE 1		
Fabrication de panneaux agglomérés	CRIQ + experts du milieu	CRIQ + Visites en entreprises
Autres produits du bois	CRIQ	CRIQ + Visites en entreprises
Fabrication de meubles en bois	Statistique Canada	Statistique Canada + Visites

Secteur d'activité	Sources d'information	
	Nombre d'établissements	Nombre de travailleurs
		en entreprises
Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde	Établissements + CLSC	CRIQ
Fonderies	Experts (CIFM*)	CRIQ
Laboratoires de pathologie	Association des hôpitaux	Association des pathologistes Association des techniciens médicaux
Services funéraires – thanatopraxie	MSSS + fédération des coopératives funéraires	MSSS + Corporation des thanatologues du Québec
GROUPE 2		
Textiles – finition	Préventex + CRIQ	CRIQ + visites en entreprises
Transformation de matières plastiques à base de HCHO	CRIQ + sondage	CRIQ + visites en entreprises

* Centre intégré de fonderie et de métallurgie

Puisque le répertoire du CRIQ a été utilisé majoritairement pour déterminer le nombre de travailleurs dans les établissements manufacturiers, une étude comparative des résultats obtenus par cette source et ceux obtenus lors des visites industrielles a été menée et est résumée au Tableau 6. Il est à noter que seuls les travailleurs à la production ont été considérés. Les établissements où un seul département (ex : département de peinture dans une usine de fabrication de meubles) a été évalué lors des visites ne sont pas inclus.

Tableau 6 : Comparaison du nombre de travailleurs répertoriés par le CRIQ et par les visites industrielles

Secteur	Établissement #	Nombre de travailleurs à la production		Différence vs CRIQ	
		Visite	CRIQ	Nombre	%
Fabrication de panneaux agglomérés	1	144	132	12	+ 9
	2	130	112	18	+ 16
	3	103	110	7	- 6
	4	135	200	65	- 33
	5	69	90	21	- 23
	6	215	218	3	- 1
	7	108	100	8	+ 8
	8	124	150	26	- 17
	9	76	80	14	- 5
	10	78	54	24	+ 44
	11	116	112	4	+ 4
	12	272	290	18	- 6
Autres produits du bois	13	88	80	8	+ 10
	14	179	185	6	- 3
	15	52	52	0	0

Secteur	Établissement #	Nombre de travailleurs à la production		Différence vs CRIQ	
		Visite	CRIQ	Nombre	%
	16	21	35	14	- 40
	17	15	16	1	- 6
	18	45	70	25	- 36
	19	69	42	27	+ 64
Fabrication de meubles en bois	20	35	30	5	+ 17
	21	18	11	7	+ 64
	22	71	102	31	- 30
	23	116	125	9	- 7
	24	34	37	3	- 8
	25	145	184	39	- 20
	26	79	75	4	+ 5
Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde	27	32	41	9	- 22
	28	34	26	8	+ 31
	29	36	36	0	0
	30	17	15	2	+ 13
Textiles - Finition	31	107	121	14	-12
Transformation des matières plastiques	32	106	125	19	- 15
	33	219	250	31	- 12

Pour 14 des établissements sur 33 soit 42 %, la différence dans le nombre de travailleurs à la production est inférieure à 10 %. Elle est inférieure à 20 % pour deux établissements sur trois. La variation est importante pour six établissements.

Pour le groupe 3, le nombre de travailleurs provient des données recueillies lors de la documentation du secteur par consultation d'experts, du répertoire du CRIQ ou des données de Statistique Canada.

4.3 Évaluation des concentrations d'exposition

4.3.1 Données de la littérature

La recherche bibliographique a permis de rassembler environ 900 documents concernant la fabrication et l'utilisation du formaldéhyde et de ses dérivés ainsi que sur l'exposition professionnelle à cet aldéhyde.

Le Tableau 7 présente un résumé des concentrations d'exposition au formaldéhyde retrouvées dans la littérature scientifique concernant les principaux secteurs d'activité économique (groupes 1 et 2) analysés dans cette étude. Les références bibliographiques se trouvent dans les annexes correspondant aux secteurs d'activité en question. Seules certaines professions jugées les plus importantes du point de vue de l'exposition ou du nombre de titulaires dans le secteur en question sont présentées. Les données complètes se retrouvent dans les annexes 3 à 11.

Tableau 7 : Résumé des niveaux d'exposition au formaldéhyde en provenance de la littérature pour certaines professions dans chaque secteur d'activité économique

Secteur d'activité	Profession	Nombre de mesures[1]	Exposition[2] (ppm)
Fabrication de panneaux agglomérés	Pressier	85	0,1 – 1,4
	Presse – tâches diverses	16	0,3 – 1,2
	Toutes professions	29	< 0,3
Autres produits du bois	Toutes professions	301	< 0,3 – 2,1
Fabrication de meubles en bois	Peintre au pistolet	341	0,2 – 0,8
	Opérateur de vernisseuse	195	0,2 – 0,7
	Divers métiers, vernissage	?	0,1 – 2,1 (pics)
Fabrication de formaldéhyde et résines	Opérateur formaldéhyde	32	0,2 – 0,5
	Opérateur résine	18	0,1 – 0,3
Fonderies	Mouleur - noyauteur	63	< 0,3 – 0,6
Laboratoires de pathologie	Technologue médical	> 288	<0,3 – 2,3
	Pathologiste	> 116	<0,3 – 8,6 [3]
	Toutes professions (44 labos)	211	0,6 ± 0,7
Thanatologie	Thanatopracteur	56	0,3 – 8,7 [4]
Finition textile	Finisseur	> 70	< 0,3 – 1,7
Transformation de matières plastiques	Mouleur	19	< 0,3
	Mouleur	2	1,1 (pics)
	Mouleur (Résine PF)	14	< 0,3
	Mouleur (Résine MF)	17	0,4 – 1,0

[1] Dans certains cas, le nombre de mesures est un minimum car il arrive que les auteurs ne mentionnent pas le nombre exact de mesurages effectués. Sauf indication contraire, les concentrations rapportées sont jugées représentatives de l'exposition des travailleurs sur l'ensemble de leur quart de travail.

[2] Les concentrations rapportées sont des moyennes de diverses études, principalement mesurées dans la zone respiratoire. Sauf exception, les bornes inférieures et supérieures ne sont donc pas des minimums et des maximums.

[3] Cette donnée élevée provient d'une étude où la concentration a été mesurée avec un instrument à lecture directe sur une très courte période. On peut en conséquence la considérer comme un pic d'exposition.

[4] Cette donnée élevée correspond à la concentration moyenne mesurée durant l'embaumement seulement.

La banque IMIS contient environ 12 000 données d'exposition pour le formaldéhyde s'échelonnant de 1979 à 2001. Ces données sont réparties en 8 200 mesures en personnel dont 3600 VEMP 8-heures et 4 600 données sur tubes colorimétriques. La banque NEDB contient 725 données d'exposition pour le formaldéhyde s'échelonnant de 1985 à 2000 qui se répartissent comme suit : 171 VEMP (durée médiane 2 heures), 147 VECD (durée médiane 10 à 15 minutes), 304 en postes fixes (durée médiane 125 minutes) et 103 en postes fixes (durée médiane 15 minutes).

Le Tableau 8 présente un résumé des données d'exposition au formaldéhyde issues des banques de données IMIS et NEDB.

Tableau 8 : Résumé des niveaux d'exposition au formaldéhyde en provenance de IMIS et NEDB pour certaines professions dans chaque secteur d'activité économique

Secteur d'activité	Banque de données	Profession	Nombre de mesures	Exposition (ppm)
Panneaux agglomérés	IMIS	Pressier	15	0,2
Meubles en bois	IMIS	Peintre	15	< 0,3 – 0,6
Fabrication de formaldéhyde et résines	IMIS	Opérateur formaldéhyde	1	< 0,3
		Opérateur résine	14	0,2
Fonderies	IMIS	Mouleur – noyauteur	231	< 0,3
	NEDB	Mouleur - noyauteur	23	< 0,3 – 0,9

Plusieurs secteurs d'activité économique ne contiennent pas de données pertinentes pour le formaldéhyde ou les données ne peuvent être exploitées à cause de l'imprécision sur les procédés industriels et les titres d'emploi. À titre d'exemple, les données sur l'industrie du plastique n'ont pas été analysées parce que la nature des matières plastiques en cause n'était pas indiquée.

4.3.2 Mesures dans les établissements par l'IRSST

Le Tableau 9 rapporte le nombre d'établissements visités et le nombre d'échantillons prélevés, pour les différents secteurs d'activité.

Tableau 9 : Nombre d'établissements évalués et de prélèvements

Secteur d'activité économique	Nombre d'établissements visités / secteur	Nombre de prélèvements sur tubes		Nombre d'heures de mesures directes
		Zone respiratoire	Air ambiant	
GROUPE 1				
Fabrication de panneaux agglomérés	12 / 12	236	318	40
Fabrication d'autres produits du bois :				
-placages de bois	2 / 27	33	16	8
-contreplaqués	3 / 4	51	26	14
-bois lamellé	3 / 37	33	52	11
-revêtements	2 / 7	37	20	8
Fabrication de meubles en bois	9 / 891	194	204	33
Fabrication de HCHO et résines	4 / 8	54	23	8
Fonderies	0 / 32	0	0	0

Secteur d'activité économique	Nombre d'établissements visités / secteur	Nombre de prélèvements sur tubes		Nombre d'heures de mesures directes
		Zone respiratoire	Air ambiant	
Laboratoires de pathologie	10 / 72	55	55	26
Services funéraires – thanatopraxie	4 / 249	33	23	5
GROUPE 2				
Textiles – finition	3 / 36	34	35	12
Transformation de matières plastiques à base de HCHO	3 / 36	38	48	13
TOTAL	55 / 1763	797	820	178

Le Tableau 10 donne par secteur d'activité économique, les valeurs minimum et maximum d'exposition moyenne pondérée et d'exposition plafond, mesurées pour les principales professions associées à une exposition potentielle au formaldéhyde. Les données complètes sont fournies dans chacune des annexes sectorielles. Il est à noter que ces valeurs d'exposition ne tiennent pas compte du port de protection respiratoire par les travailleurs ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises.

Tableau 10 : Résumé des données d'exposition pour les principales professions

Secteur	Profession (nombre de travailleurs)	VEMP (ppm)		Plafond (ppm)	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Fabrication de panneaux agglomérés	Travailleur à la presse (191)	< 0,3	0,6	< 0,3	> 2,0
	Travailleur à la finition (306)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,8
	Travailleur à l'expédition (199)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,5
	Travailleur d'entretien (474)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	> 2,0
Autres produits du bois :					
-placages	Opérateur (775)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
	Travailleur à la finition (255)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
	Travailleur à l'expédition (104)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
-contre plaqués	Travailleur à la presse (77)	< 0,3	0,32	< 0,3	0,8
	Travailleur à la finition (79)	< 0,3	0,30	< 0,3	0,4
	Travailleur à l'expédition (55)	< 0,3	0,31	< 0,3	0,4
	Travailleur d'entretien (352)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,8
-bois lamellé	Travailleur à la presse (170)	< 0,3	0,53	< 0,3	1,7
	Travailleur à la finition (105)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,4
	Travailleur à l'expédition (56)	< 0,3	0,89	< 0,3	1,0
-revêtement	Préparateur de résine (12)	< 0,3	1,8	< 0,3	> 2,0
	Travailleur à l'imprégnation (56)	< 0,3	0,51	< 0,3	1,7
	Travailleur à la finition (4)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,5
	Travailleur à l'expédition (100)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,4

Secteur	Profession (nombre de travailleurs)	VEMP (ppm)		Plafond (ppm)	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Fabrication de meubles en bois	Coloriste (165)	< 0,3	0,35	< 0,3	> 2,0
	Peintre préparateur (1294)	< 0,3	0,32	0,5	> 2,0
	Peintre finisseur (361)	< 0,3	0,87	0,6	> 2,0
	Travailleur à la finition (1295)	< 0,3	0,64	0,4	> 2,0
	Travailleur à l'expédition (2378)	< 0,3	0,43	< 0,3	1,8
	Travailleur d'entretien (196)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,8
Fabrication formaldéhyde et résines à base de formaldéhyde	Opérateur –formaldéhyde (17)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,7
	Opérateur – résines (83)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,7
	Travailleur à l'expédition (40)	< 0,3	0,32	< 0,3	1,4
Laboratoire de pathologie	Pathologiste (179)	< 0,3	0,92	< 0,3	> 2,0
	Technicien médical (365)	< 0,3	0,76	< 0,3	> 2,0
	Assistant (72)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	> 2,0
Services funéraires – thanato-praxie	Thanatopracteur (484)	< 0,3	0,36	< 0,3	> 2,0
	Thanatologues (352)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,7
Textiles - Finition	Préparateur de résine (nd[1])	< 0,3	< 0,3	< 0,3	> 2,0
	Opérateur (nd)	< 0,3	0,46	< 0,3	> 2,0
	Travailleur à la finition/expédition (nd)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Transforma -tion de matières plastiques	Opérateur (120)	< 0,3	1,52	< 0,3	> 2,0
	Autre travailleur (89)	< 0,3	0,5	< 0,3	< 0,3

nd = non déterminé ; à cause de la difficulté de répertorier les entreprises en fonction des procédés utilisés, il n'est pas possible de déterminer un nombre global de travailleurs pour ces professions.

4.4 Matrices d'exposition

Les Tableaux 11 et 12 présentent les matrices d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures et exposition plafond par secteur d'activité économique.

Pour les groupes 1 et 2, dans 1211 établissements, 38 110 travailleurs ont été recensés à partir des données du CRIQ et des visites industrielles. De ce nombre, 94,5 % sont exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures inférieure à 0,3 ppm, 5 % entre 0,3 et 0,75 ppm, 0,4 % entre 0,75 et 1 ppm et moins de 0,1 % entre 1 et 2 ppm. Aucun travailleur n'est exposé à plus de 2 ppm en valeur moyenne pondérée sur 8 heures. De même, 78 % d'entre eux seraient exposés à des concentrations plafonds inférieures à 0,3 ppm, 10,5 % entre 0,3 et 0,75 ppm, 3,5 %

entre 0,75 et 1 ppm, 3,9 % entre 1 et 2 ppm et 4,1 % à une concentration supérieure à la valeur admissible actuelle de 2 ppm.

Pour le groupe 3, la détermination du nombre de travailleurs et leur répartition dans les différentes plages de concentrations d'exposition ont été plus complexes et conduisent à des résultats incomplets. Pour certains secteurs, il n'a pas été possible de ressortir de l'ensemble du secteur, les activités spécifiques où le formaldéhyde est utilisé, d'où l'impossibilité de déterminer le nombre de travailleurs possiblement exposés. De plus, pour certains secteurs, les données d'exposition étaient très parcellaires sinon inexistantes. La justification de la répartition du nombre de travailleurs dans les matrices est donnée pour chacun des secteurs du groupe 3 dans l'annexe 12 portant sur ce groupe. Bien que le nombre de travailleurs soit incomplet et que les données d'exposition soient incertaines, on estime qu'environ 99,7 % des 105 381travailleurs recensés seraient exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures inférieure à 0,3 ppm, les autres étant exposés entre 0,3 et 0,75 ppm. De même, 99,7 % seraient exposés à des valeurs plafonds inférieures à 0,3 ppm, moins de 0,05 % à des valeurs entre 0,3 et 2 ppm et environ 0,3 % à une concentration supérieure à la valeur admissible actuelle de 2 ppm.

Il est important de noter que les valeurs d'exposition attribuées aux travailleurs ne tiennent compte ni du port de protection respiratoire ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises.

Tableau 11 : Matrice globale d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures

Industries	Code CAEQ	Code SCIAN	E / T [1] (StatCan)	E / T [1] (Données étude)[2]	Exposition (ppm)				
					<0,3	0,3-0,75	0,75-1,0	1,0-2,0	>2,0
GROUPE 1									
Fabrication de panneaux agglomérés	2593	321216 321217	20 / 1561 5 / 876	12 / 2 019	1 972	47	0	0	0
Fabrication d'autres produits du bois :									
-placages de bois	2521	321211	41 / 2 147	27 / 1705	1705	0	0	0	0
-contreplaqués	2522	321212	9 / 147	4 / 714	680	32	2	0	0
-bois lamellé	2544	321215	49 / 1 245	37 / 1360	1170	190	0	0	0
-revêtements	2593	321216	20* / 1 561*	7 / 309	281	20	0	8	0
Fabrication de meubles	26	337	891 / 19 928	891 / 19 928	19 131	737	60	0	0
Fabrication de HCHO et résines	3731	325210 325520	37 / n.d [3] 24 / 644	8 / 314	274	34	3	3	0
Fonderies	2912 2941 2962 2971 2999	331514 331511 331529 331523	12 / 644 24 / 1341 17 / 638 13 / 1 090	32 / 2 308	2192	110	6	0	0
Laboratoires de pathologie	868	621510	n.d.	72 / 688	459	169	60	0	0
Services funéraires – thanatopraxie	9731	812210	n.d.	249 / 836	352	484	0	0	0
TOTAL			**1 162 [4] / 31 822 [4]**	**1 139 / 30 181**	**28 216**	**1 823**	**131**	**11**	**0**
GROUPE 2									
Textiles – finition	24	313310	127 / 2 912	36 / 5 400	5 389	11	0	0	0
Transformation de matières plastiques à base de HCHO	1621 1641 1651 1699 3256	326122 326130 326191 326198 326193	18 / 928 9 / 804 19 / 1 230 288 / 9662 26 / 1 352	36 / 2 529	2 427	49	40	13	0
TOTAL			**487 / 16 888**	**72 / 7 929**	**7 816**	**60**	**40**	**13**	**0**
GROUPE 3									
Papier et produits de papier	27	322	251 / 31 939	222 / 32 340	32 340	0	0	0	0

Industries	Code CAEQ	Code SCIAN	E / T [1] (StatCan)	E / T [1] (Données étude)[2]	Exposition (ppm)				
					<0,3	0,3-0,75	0,75-1.0	1,0-2,0	>2,0
Isolants minéraux non métalliques	3594	32799	105 / 2 033	7 / 531	531	0	0	0	0
Industries agro-alimentaires	0161	111411	n.d	n.d.[3]	?	?	?	?	?
	0213	112340	n.d						
	1061	311111	7 / 172						
		311119	151 / 4 545						
Laboratoires enseignement de biologie et médecine & vétérinaire	8521*	611210	n.d.	82 / 350	0	350	0	0	0
	8531*	611310							
Pièces et composantes électroniques	3352	334410	107 / 9 364	66 / n.d.	9 364	0	0	0	0
Cabinets dentaires	8653	621210	n.d / 3500	n.d.	3 500	0	0	0	0
Industries chimiques	3711	325130	11 / 737	229 / 7 155	7 155	0	0	0	0
	3712	325189	26 / n.d						
	3751	325190	17 / 203						
	3761	325510	45 / 2077						
	3791	325610	76 / 1362						
Fabrication d'adhésifs	3792	325520	24 / 644	24 / 921	921	0	0	0	0
Laboratoires de développement photographie	2821	812921	n.d.	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Imprimerie	281	3231	1 282 / 23 704	n.d.	23 704	0	0	0	0
Ateliers d'usinage	3081	332710	551 / 6 636	n.d.	6 636	0	0	0	0
Fabrication d'abrasifs	3571	327910	14 / 282	n.d.	282	0	0	0	0
Fabrication de joints d'étanchéité	3255	336340	17 / 925	2 / 550	550	0	0	0	0
	3592*	339990	225 / 4 499	4 / 256	256	0	0	0	0
Transformation du cuir	1712	316210	47 / 4070	n.d.	5 297	0	0	0	0
	1713	316990	63 / 1227						
Fabrication de fertilisants	3721*	325313	12 / 103	n.d.	673	0	0	0	0
	3729	325314	52 / 570						

Industries	Code CAEQ	Code SCIAN	E / T [1] (StatCan)	E / T [1] (Données étude)[2]	Exposition (ppm)				
					<0,3	0,3-0,75	0,75-1,0	1,0-2,0	>2,0
Fabrication de produits de toilette	3771	325620	60 / 2 965	n.d.	2 965	0	0	0	0
Fabricants d'explosifs	3793	325920	9 / 1 021	14 / 1 351	1 351	0	0	0	0
Produits pharmaceutiques	3741	325410	81/ 9 660	43 / 9 400	9 400	0	0	0	0
Fleuristes	6521	453110	n.d	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Hôpitaux – Hémodialyse	861*	622	n.d	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Tannage cuir	1711	316110	46 / 1091	8 / 106	106	0	0	0	0
Habillement	24	315	1 646/ 59 538	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Total			**4 925 [4]/ 172 867 [4]**	**4 586 [4]/ 105 381 [4]**	**105 031 [2,4]**	**350[2,4]**	**0**	**0**	**0**

* : Indique que l'activité recherchée est un sous-ensemble du numéro du secteur d'activité économique

[1] E = nombre d'établissements; T = nombre de travailleurs incluant tous les employés (production + administration)

[2] Pour les groupes 1 et 2 , les nombres d'établissements et de travailleurs utilisés proviennent du CRIQ ou des visites industrielles. Pour le groupe 3, le nombre de travailleurs dans les plages de concentration provient du CRIQ lorsque disponible ou de StatCan.

[3] n.d. = non disponible

[4] Ce nombre est partiel puisque les données ne sont pas disponibles pour certains secteurs

Note : ces valeurs d'exposition ne tiennent pas compte du port de protection respiratoire par les travailleurs ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises

Tableau 12 : Matrice globale d'exposition plafond

Industries	Code CAEQ	Code SCIAN	E / T [1] (StatCan)	E / T [1] (Données Étude)[2]	Exposition (ppm)				
					<0,3	,3-,75	,75-1,0	1,0-2,0	>2,0
GROUPE 1									
Fabrication de panneaux agglomérés	2593	321216 21217	20 / 1561 5 / 876	12 / 2 019	1 329	228	138	75	249
Fabrication d'autres produits du bois :									
-placages de bois	2521	321211	41 / 2 147	27 / 1 705	1705	0	0	0	0
-contreplaqués	2522	321212	9 / 147	4 / 714	605	92	17	0	0
-bois lamel!é	2544	321215	49 / 1 245	37 / 1360	735	265	245	115	0
-revêtements	2593	321216	20* / 1561*	7 / 309	195	31	0	75	8
Fabrication de meubles	26	337	891 / 19 928	891 / 19 928	14 826	2 786	827	1 009	480
Fabrication de HCHO et résines	3731	325210 325520	37 / n.d[3] 24 / 644	8 / 314	183	61	15	26	29
Fonderies	2912 2941 2962 2971 2999	331514 331511 331529 331529 331523	12 / 644 24 / 1341 17 / 638 13 / 1 090	32 / 2 308	2192	110	6	0	0
Laboratoires de pathologie	868	621510	n.d.	72 / 688	133	108	69	124	254
Services funéraires – thanatopraxie	9731	812210	n.d.	249 / 836	103	249	0	0	484
TOTAL			**1 162 [4]/ 31 822 [4]**	**1 1339 / 30 181**	**22 006**	**3 930**	**1 317**	**1 424**	**1 504**
GROUPE 2									
Textiles – finition	24	313310	127 / 2 912	36 / 5 400	5 295	65	29	0	11
Transformation de matières plastiques à base de HCHO	1621 1641 1651 1699 3256	326122 326130 326191 « » 326193	18 / 928 9 / 804 19 / 1 230 288 / 9 662 26 / 1 352	36 / 2529	2 409	0	1	82	37
TOTAL			**487 / 16 888**	**72 / 7 929**	**7 704**	**65**	**30**	**82**	**48**

Industries	Code CAEQ	Code SCIAN	E / T [1] (StatCan)	E / T [1] (Données Étude)[2]	Exposition (ppm)				
					<0,3	,3-,75	,75-1,0	1,0-2,0	>2,0
GROUPE 3									
Papier et produits en papier	27	322	251 / 31 939	222 / 32 340	31 490	850	0	0	0
Isolants minéraux non métalliques	3594	32799	105 / 2 033	7 / 531	465	30	0	22	14
Industries agro-alimentaires	0161	111411	n.d	n.d.	?	?	?	?	?
	0213	112340	n.d						
	1061	311111	7 / 172						
		311119	151 / 4 545						
Laboratoires enseignement de biologie et médecine & vétérinaire	8521*	611210	n.d	82 / 350	0	0	0	0	350
	8531*	611310							
Pièces et composantes électroniques	3352	334410	107 / 9 364	66 / ?	9 364	0	0	0	0
Cabinets dentaires	8653	621210	n.d / 3 500	n.d.	3 500	0	0	0	0
Industries chimiques	3711	325130	11 / 737	229 / 7 155	7 155	0	0	0	0
	3712	325189	26 / n.d						
	3751	325190	17 / 203						
	3761	325510	45 / 2 077						
	3791	325610	76 / 1 362						
Fabrication d'adhésifs	3792	325520	24 / 644	24 / 921	921	0	0	0	0
Laboratoires de développement photographie	2821	812921	n.d.	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Imprimerie	281	3231	1 282 / 23 704	n.d.	23 704	0	0	0	0
Ateliers d'usinage	3081	332710	551 / 6 636	n.d.	6 636	0	0	0	0
Fabrication d'abrasifs	3571	327910	14 / 282	n.d.	282	0	0	0	0
Fabrication de joints d'étanchéité	3255	336340	17 / 925	2 / 550	756	50	0	0	0
	3592*	339990	225 / 4 499	4 / 256					

Industries	Code CAEQ	Code SCIAN	E / T [1] (StatCan)	E / T [1] (Données Étude)[2]	Exposition (ppm)				
					<0,3	,3-,75	,75-1,0	1,0-2,0	>2,0
Transformation du cuir	1712	316210	47 / 4 070	n.d.	5 297	0	0	0	0
	1713	316990	63 / 1 227						
Fabrication de fertilisants	3721*	325313	12 / 103	n.d.	673	0	0	0	0
	3729	325314	52 / 570						
Fabrication de produits de toilette	3771	325620	60 / 2 965	n.d.	2 965	0	0	0	0
Fabricants d'explosifs	3793	325920	9 / 1 021	14 / 1 351	1 351	0	0	0	0
Produits pharmaceutiques	3741	325410	81 / 9 660	43 / 9 400	9 400	0	0	0	0
Fleuristes	6521	453110	n.d	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Hôpitaux – Hémodialyse	861*	622	n.d	n.d.	n.d.	0	0	0	0
Tannage cuir	1711	316110	46 / 1 091	8 / 106	106	0	0	0	0
Habillement	24	315	1 646 / 59 538	n.d.	n.d.	0	0	0	0
TOTAL			**4 925 [4] / 172 867 [4]**	**4 586 [4] / 105 381 [4]**	**104 065 [2,4]**	**930 [2,4]**	**0**	**22 [2,4]**	**364 [2,4]**

* : Indique que l'activité recherchée est un sous-ensemble du numéro du secteur d'activité économique

[1] E = nombre d'établissements; T = nombre de travailleurs incluant tous les employés (production + administration)

[2] Pour les groupes 1 et 2 , les nombres d'établissements et de travailleurs utilisés proviennent du CRIQ ou des visites industrielles. Pour le groupe 3, le nombre de travailleurs dans les plages de concentration provient du CRIQ lorsque disponible ou de StatCan.

[3] n.d. = non disponible

[4] Ce nombre est partiel puisque les données ne sont pas disponibles pour certains secteurs

Note : ces valeurs d'exposition ne tiennent pas compte du port de protection respiratoire par les travailleurs ni des procédures de sécurité mises en place par les entreprises

4.5 Identification des déterminants de l'exposition et des sources d'exposition

Le Tableau 13 résume pour chacun des secteurs, les principales sources d'émission de formaldéhyde, les tâches qui sont effectuées dans la zone immédiate de ces sources et les moyens de maîtriser l'exposition. Pour maîtriser l'exposition aux substances toxiques, la substitution demeure toujours une solution à privilégier. À cet effet, des éléments de substitution de produit et de procédé ont été suggérés dans les annexes 3 à 12, notamment les vernis en phase gazeuse dans la fabrication de meubles en bois, le remplacement du procédé en boîte chaude par celui en boîte froide dans les fonderies, les fixateurs histologiques en pathologie et les apprêts d'infroissabilité sans formaldéhyde dans le textile. Tout projet de substitution exige cependant une étude d'impact en elle-même, à la fois sur la performance et la rentabilité des solutions de remplacement et sur les effets sur la santé et les risques d'exposition aux nouveaux produits. Pour ces raisons, les possibilités de substitution ont été mentionnées dans chacun des secteurs mais n'ont pas été étudiées de façon détaillée.

Tableau 13 : Principales sources d'exposition des travailleurs

Secteur	Sources d'émission et tâches à risque (type de source[1])	Concentration maximale (ppm)	Maîtrise de l'exposition
Fabrication de panneaux agglomérés	Presse à panneaux : -préparation de résine (P) -test de contrôle de qualité (P) -empilage des panneaux (C) -réparation et entretien (A)	> 2,0	Ventilation locale Ventilation générale Protection individuelle
	Refroidisseur : -empilage des panneaux (C) -cueillette des panneaux (C)	1,2	Ventilation locale Ventilation générale
	Zone de séchage et entreposage (C) : -opérations de finition -opérations d'emballage -transport par chariot	1,5	Ventilation générale Temps d'attente
Autres produits du bois : -Placages	Encolleuse : -préparation de colle (P) -application de colle (C)	< 0,3	Aucun
-Contreplaqués	Encolleuse : -préparation de colle (P) -application de colle (C)	0,6	Ventilation locale Ventilation générale
	Presse à panneaux : -alimentation manuelle (C) -sortie et empilage (C) -réparation et entretien (A)	0,8	Ventilation locale Ventilation générale Protection individuelle

Secteur	Sources d'émission et tâches à risque (type de source[1])	Concentration maximale (ppm)	Maîtrise de l'exposition
	Zone de séchage et entreposage (C) : -opérations de finition -opérations d'emballage -transport par chariot	0,4	Ventilation générale Temps d'attente
-Bois lamellé	Encolleuse : -préparation de colle (P) -application de colle (C)	1,7	Ventilation locale Ventilation générale
	Presse à panneaux : -alimentation manuelle (C) -sortie et empilage (C) -réparation et entretien (A)	0,7	Ventilation locale Ventilation générale
	Zone de séchage et entreposage (C) : -opérations de finition -opérations d'emballage -transport par chariot	1,0	Ventilation locale Ventilation générale Temps d'attente
- Revêtement	Préparation de résines (P)	> 2,0	Ventilation locale Protection individuelle
	Bassin d'imprégnation : (C) -alimentation en papier -alimentation de la presse	1,7	Ventilation locale Ventilation générale
	Zone de séchage et entreposage (C) : -opérations de finition -opérations d'emballage -transport par chariot	0,5	Ventilation générale Temps d'attente
Fabrication de meubles en bois	Salle des peintures : -préparation des revêtements (P)	> 2,0	Ventilation locale Ventilation générale Protection individuelle
	Cabine de peinture : -application des apprêts (C) -application des vernis (C) -retouches et réparations (P) -sablage entre les couches (C)	> 2,0	Ventilation locale Ventilation générale Protection individuelle
	Séchoir (four) : -sortie des meubles (C)	> 2,0	Ventilation locale Temps d'attente Protection individuelle
	Zone de finition et d'entreposage (C) : -pose de la quincaillerie -rembourrage -emballage	1,8	Ventilation générale Temps d'attente

Secteur	Sources d'émission et tâches à risque (type de source[1])	Concentration maximale (ppm)	Maîtrise de l'exposition
Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde	Réacteur : -prise d'échantillons (P) -ouverture de l'écoutille (P) -entretien et réparations (A)	0,7	Ventilation locale
	Salle des pompes : -remplacement des filtres (P) -entretien et réparations (A)	0,9	Ventilation locale Protection individuelle
	Système de chargement : -ensachage (P) -remplissage des camions et des barils (P)	1,4	Ventilation locale Protection individuelle
Fonderies	Moules et noyaux : -fabrication (P) -démoulage (P)	> 2,0	Ventilation locale Ventilation générale Protection individuelle
Laboratoire de pathologie	Solutions de formaldéhyde – préparation et mise en pots -vidange, récupération et neutralisation (P)	1,2	Ventilation locale
	Spécimen : -macroscopie (C) -lavage (P) -vidange et récupération (P)	> 2,0	Ventilation locale Protection individuelle
	Appareils : -ouverture et entretien du préparateur (P)	> 2,0	Ventilation locale Protection individuelle
	Entreposage des solutions, des spécimens et des déchets (C)	0,7	Ventilation locale
Services funéraires – Thanatopraxie	Corps : -thanatopraxie (C)	> 2,0	Ventilation locale Protection individuelle
	Appareil à injection : -préparation des solutions (P) -en utilisation (C)	> 2,0	Ventilation locale Protection individuelle
Textiles - Finition	Apprêt : -préparation (P) -application (C)	> 2,0	Ventilation locale Ventilation générale
	Imprégnateur : - déblocage et entretien (A)	> 2,0	Ventilation locale Protection individuelle
Transformation de matières plastiques	Moule : -dégazage (P)	1,7	Ventilation locale Ventilation générale
	Imprégnateur (C)	> 2,0	Ventilation locale Ventilation générale Protection individuelle

[1] P = émission ponctuelle; C = émission continue; A = émission ad hoc

4.6 Impacts sur la santé

4.6.1 Effets irritants dus à une exposition aiguë au formaldéhyde

4.6.1.1 Détermination de la relation dose-réponse à partir des données de littérature

Le Tableau 14 synthétise les données extraites d'études contrôlées disponibles dans la littérature sur la relation entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition *i*) d'effets irritants (légers, modérés ou sévères) des muqueuses (yeux, nez, gorge) et *ii*) la perception de l'odeur, selon la concentration d'exposition.

Tableau 14 : Effectif et proportion de sujets présentant des effets irritants suite à une exposition aiguë au formaldéhyde, d'après les données d'études contrôlées disponibles dans la littérature

			Exposition (ppm)						
Nature de l'effet	**Sévérité**	**Effectif**	**0 - <0,3**	**0,3 - <0,75**	**0,75 - <1**	**1 - <2**	**2 - <3**	**3 - 4**	**Total**
Irritation des yeux	aucun effet ou effet léger	Nombre	121	108	19	67	49	81	445
		Proportion (%)	99,2	99,1	90,5	88,2	81,7	77,9	90,4
	effet modéré (supportable ou gênant)	Nombre	1	1	2	9	9	20	42
		Proportion (%)	0,8	0,9	9,5	11,8	15,0	19,2	8,5
	effet sévère	Nombre	0	0	0	0	2	3	5
		Proportion (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	2,9	1,0
	Total	Nombre	122	109	21	76	60	104	492
		Proportion (%)	100	100	100	100	100	100	100
Irritation du nez	aucun effet ou effet léger	Nombre	83	31	14	46	55	50	279
		Proportion (%)	97,6	100,0	87,5	93,9	91,7	70,4	89,4
	effet modéré (supportable ou gênant)	Nombre	2	0	2	3	5	21	33
		Proportion (%)	2,4	0,0	12,5	6,1	8,3	29,6	10,6
	effet sévère	Nombre	0	0	0	0	0	0	0
		Proportion (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	Nombre	85	31	16	49	60	71	312
		Proportion (%)	100	100	100	100	100	100	100
Irritation de la gorge	aucun effet ou effet léger	Nombre	84	31	14	46	57	50	282
		Proportion (%)	98,8	100	87,5	93,9	95,0	70,4	90,4
	effet modéré (supportable ou gênant)	Nombre	1	0	2	3	3	21	30
		Proportion (%)	1,2	0,0	12,5	6,1	5,0	29,6	9,6
	effet sévère	Nombre	0	0	0	0	0	0	0
		Proportion (%)	0	0	0	0	0	0	0
	Total	Nombre	85	31	16	49	60	71	312
		Proportion (%)	100	100	100	100	100	100	100

Nature de l'effet	Sévérité	Effectif	Exposition (ppm)						
			0 - <0,3	0,3 - <0,75	0,75 - <1	1 - <2	2 - <3	3 - 4	Total
Perception de l'odeur	aucun effet ou effet léger	Nombre	57	ND	ND	ND	30	35	122
		Proportion (%)	95,0	ND	ND	ND	50,0	74,5	73,1
	effet modéré (supportable ou gênant)	Nombre	1	ND	ND	ND	25	12	38
		Proportion (%)	1,7	ND	ND	ND	41,7	25,5	22,8
	effet sévère	Nombre	2	ND	ND	ND	5		7
		Proportion (%)	3,3	ND	ND	ND	8,3		4,2
	Total	Nombre	60	ND	ND	ND	60	47	167
		Proportion (%)	100	ND	ND	ND	100	100	100

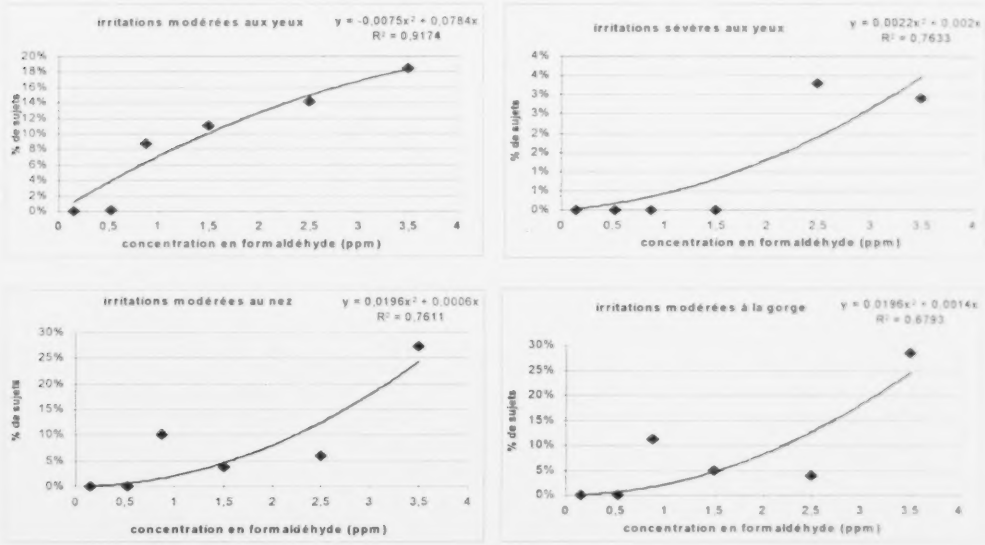
ND: non déterminé

L'analyse de ce tableau met en évidence :

- La diminution de la proportion des individus ne présentant aucun effet ou un effet léger lorsque la concentration en formaldéhyde augmente au-delà de 0,75 ppm
- L'augmentation de la proportion des individus présentant un effet (modéré ou sévère), lorsque la concentration en formaldéhyde augmente au-delà de 0,75 ppm
- Les deux phénomènes précédents montrent l'existence d'une relation exposition-réponse pour les effets irritants en présence de formaldéhyde
- Le peu de données concernant la perception de l'odeur et la subjectivité de mesure de ce paramètre ont conduit à ne pas retenir cet effet pour l'exploitation des résultats.

Ces données ont servi à représenter graphiquement les relations dose-réponse pour les différents effets considérés et à tester des modèles mathématiques représentatifs de ces relations en les ajustant aux points expérimentaux. Plusieurs modèles ont été appliqués : il s'agit des régressions linéaires et polynomiales de degré n (n = 2, 3 ou 4). Les graphiques et les équations de régression sont présentés à l'annexe 1. La régression polynomiale de degré 2 a été considérée comme la plus adéquate pour décrire la relation dose-réponse existant entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition des effets irritants. La Figure 1 présente ce modèle ajusté aux données expérimentales pour l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, pour lesquelles la valeur du bruit de fond a été retranchée (fréquence des irritations en l'absence d'exposition : classe 0 - <0,3 ppm).

Figure 1 : Pourcentage de la population exposée présentant des effets irritants attribuables à une exposition au formaldéhyde



Ces quatre graphiques montrent que:

- La courbe de régression quadratique donne un bon ajustement aux points expérimentaux, les coefficients de corrélation étant élevés
- Aux concentrations inférieures à 0,75 ppm, le pourcentage d'effet observé attribuable au formaldéhyde est égal à zéro, c'est-à-dire qu'il est équivalent à celui observé en absence d'exposition au formaldéhyde (bruit de fond). Cette observation est valable également pour les concentrations inférieures à 2 ppm pour les effets sévères des yeux.

Les équations déterminées statistiquement à partir des points expérimentaux permettent d'estimer le pourcentage théorique de personnes susceptibles de présenter un effet irritant en fonction des concentrations ciblées dans le cadre d'un abaissement de la norme. Les pourcentages de réponse des classes de 0 à <0,3 ppm et de 0,3 à <0,75 ppm pour les effets modérés et des classes de 0 à <0,3 ppm ; de 0,3 à <0,75 ppm et de 0,75 à 1,0 ppm pour les effets sévères ont été déterminés, comme pour toutes les autres classes d'exposition, à partir des valeurs expérimentales. Cependant, étant donné que pour ces effets irritants, il n'y a pas de différence entre la proportion de symptômes présentés par les participants aux études au niveau zéro et celles aux niveaux situés entre 0 et 0,75 ppm, nous considérons que les observations doivent primer sur les estimations du modèle. Ainsi, après la correction de la valeur du bruit de fond, pour ces plages, le pourcentage attribuable à l'exposition au formaldéhyde équivaut à 0 pour ces classes. Le Tableau 15 présente ces pourcentages estimés pour chacun des sites d'effets, selon la sévérité. Ce tableau, dont les données sont également représentées à la Figure 2, indique que les travailleurs exposés à des concentrations de formaldéhyde inférieures à 0,75 ppm ne devraient pas présenter

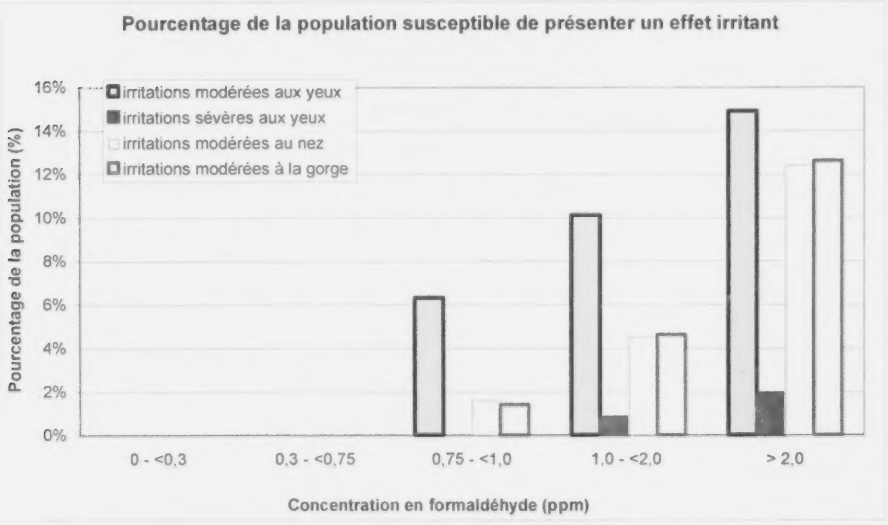
d'effets irritants modérés ou sévères des yeux, du nez ou de la gorge attribuables à l'exposition au formaldéhyde. Parmi les travailleurs exposés à une concentration en formaldéhyde entre 0,75 et <1,0 ppm, 6,3% d'entre eux sont susceptibles de présenter des irritations modérées des yeux, aucun ne serait susceptible de présenter des irritations sévères des yeux et 1,6 % d'entre eux pourraient présenter des irritations modérées du nez et de la gorge. Les valeurs correspondantes pour les travailleurs exposés à une concentration en formaldéhyde entre 1 et <2,0 ppm sont 10,1%, 0,8% et ≈4,5 %, ainsi que de 14,9%, 1,9% et ≈12,5% pour les travailleurs exposés entre 2 et <3 ppm (≥ 2 ppm).

Tableau 15 : Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants attribuables au formaldéhyde selon la concentration d'exposition

Effet considéré	Pourcentage de travailleurs*				
	0--< 0,3 ppm	,3–<,75 ppm	,75–<1,0 ppm	1,0-<2,0 ppm	≥ 2,0 ppm
Irritation des yeux – effet modéré	0 %	0 %	6,3 %	10,1 %	14,9 %
Irritation des yeux – effet sévère	0 %	0 %	0 %	0,8 %	1,9 %
Irritation du nez – effet modéré	0 %	0 %	1,6 %	4,5 %	12,4 %
Irritation de gorge – effet modéré	0 %	0 %	1,6 %	4,6 %	12,6 %

* Les valeurs de ces classes ont été calculées pour les centres des classes d'exposition, à partir du modèle de régression quadratique auquel le bruit de fond a été soustrait. Le pourcentage de la dernière classe a été calculé à partir de la valeur de 2,5 ppm qui représente le milieu de la classe 2,0 - <3,0 ppm.

Figure 2 : Pourcentage moyen théorique de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants attribuables au formaldéhyde selon la classe de concentration d'exposition



Rappelons que dans l'établissement de la relation dose-réponse, les données de la littérature concernant les études réalisées en milieu de travail n'ont pas été considérées puisqu'elles ne sont pas assez précises ou concluantes. Elles ont toutefois permis d'appuyer et de conforter les résultats des études contrôlées.

Les données regroupées pour évaluer l'impact sanitaire proviennent indifféremment d'études contrôlées menées sur des sujets sains et sur des sujets asthmatiques. En effet, il a été observé par différents auteurs d'études contrôlées que les sujets asthmatiques ne sont pas plus sensibles aux irritations que les sujets non asthmatiques pour des concentrations jusqu'à 3 ppm (8, 14, 24bis). Pour plus de détails, il est conseillé de se rapporter à l'annexe 1, Tableau 1.

4.6.1.2 Application de la relation dose-réponse aux données d'exposition au formaldéhyde dans les différents secteurs industriels au Québec

La relation dose-réponse établie sur la base des données de la littérature (Tableau 15) a été appliquée aux matrices d'exposition des différents secteurs industriels au Québec afin d'estimer le nombre théorique moyen de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants. Les résultats sectoriels sont présentés dans chacune des annexes spécifiques alors que les résultats appliqués aux matrices globales (8h et plafond) sont présentés aux Tableaux 16 à 19.

En réalité, le risque pour ces travailleurs se situe plus près de celui calculé à partir des valeurs plafonds. Celui calculé à partir des valeurs moyennes est sûrement moins représentatif de la réalité puisque ces valeurs englobent déjà les valeurs plafonds. Cependant, si on se rapporte aux données d'exposition de l'IRSST, la probabilité d'être exposé fréquemment aux valeurs plafonds indiquées dans les matrices est faible, la durée des valeurs plafonds contenue dans ces matrices étant de l'ordre d'une minute chacune. En d'autres termes, un travailleur exposé à une valeur moyenne sur 8 heures qui serait faible ne peut avoir été exposé à des valeurs plafonds d'une intensité et fréquence relativement élevée, sinon la moyenne serait plus élevée.

En milieu de travail, les travailleurs sont exposés à des concentrations de formaldéhyde qui varient dans le temps et dans l'espace. Leur exposition peut donc être représentée théoriquement par une distribution de valeurs de concentrations plafonds autour d'une valeur moyenne (probablement géométrique pour ce type d'exposition). Il résulte de cette distribution que la fréquence d'exposition aux valeurs extrêmes sera beaucoup plus faible que celle aux concentrations proches de la moyenne. Ces valeurs extrêmes représentent les valeurs plafonds qui constituent les matrices d'exposition plafonds mesurées dans cette étude, alors que les matrices d'exposition moyennes pondérées sur 8 heures représentent les moyennes de ces distributions.

Néanmoins, si les concentrations de 0,75 ou 1,0 ppm de formaldéhyde dans l'air ne semblent pas présenter de danger immédiat pour la santé humaine, il est évident qu'un dépassement de plusieurs fois cette valeur pourrait entraîner des effets néfastes sur la santé. En réalité, même si, sur la base des valeurs moyennes pondérées 8 heures de 0,75 ou 1,0 ppm la proportion estimée de travailleurs susceptibles de présenter des irritations est faible, cela ne signifie pas que ces travailleurs ne soient pas exposés occasionnellement au cours d'une journée à des dépassements de cette valeur de trois ou cinq fois lors de pics de concentrations représentant des valeurs plafonds. Dans ces circonstances la proportion de travailleurs affectés sera plus élevée que celle estimée à partir de la matrice des valeurs moyennes.

Tableau 16 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants modérés des yeux en fonction de la concentration d'exposition

Industries	Exposition (ppm)				
	0 - <0,3	0,3 - <0,75	0,75 - <1,0	1,0 - <2,0	≥ 2,0
Fabrication de panneaux agglomérés	0[1] (0)	0 (0)	9 (0)	8 (0)	37 (0)
Placages de bois	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Contreplaqués	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)
Bois lamellé	0 (0)	0 (0)	15 (0)	12 (0)	0 (0)
Revêtement	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (1)	1 (0)
Fabrication de meubles en bois	0 (0)	0 (0)	52 (4)	102 (0)	72 (0)
Fabrication de formaldéhyde et de résines	0 (0)	0 (0)	1 (0)	3 (0)	4 (0)
Fonderies	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Laboratoire de pathologie	0 (0)	0 (0)	4 (4)	13 (0)	38 (0)
Services funéraires – Thanatopraxie	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	72 (0)
Textiles - Finition	0 (0)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	2 (0)
Transformation de matières plastiques	0 (0)	0 (0)	0 (3)	8 (1)	6 (0)
SOUS - TOTAL– GROUPES 1 et 2	0 (0)	0 (0)	84 (11)	154 (2)	232 (0)
GROUPE 3	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)	54 (0)
TOTAL	0 (0)	0 (0)	84 (11)	156 (2)	286 (0)

[1] La première ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs plafonds; la deuxième ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs moyennes pondérées (uniquement à titre indicatif).

Tableau 17 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants sévères des yeux en fonction de la concentration d'exposition

Industries	Exposition (ppm)				
	0 - <0,3	0,3 - <0,75	0,75 - <1,0	1,0 - <2,0	≥ 2,0
Fabrication de panneaux agglomérés	0[1] (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	5 (0)
Placages de bois	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Contreplaqués	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Bois lamellé	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
Revêtement	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
Fabrication de meubles en bois	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (0)	9 (0)
Fabrication de formaldéhyde et de résines	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
Fonderies	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Laboratoire de pathologie	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	5 (0)
Services funéraires – Thanatopraxie	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	9 (0)
Textiles - Finition	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Transformation de matières plastiques	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	1 (0)
SOUS -TOTAL– GROUPES 1 et 2	0 (0)	0 (0)	0 (0)	13 (0)	30 (0)
GROUPE 3	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	7 (0)
TOTAL	0 (0)	0 (0)	0 (0)	13 (0)	37 (0)

[1] La première ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs plafonds; la deuxième ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs moyennes pondérées (uniquement à titre indicatif).

Tableau 18 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants modérés du nez en fonction de la concentration d'exposition

Industries	Exposition (ppm)				
	0 - <0,3	0,3 - <0,75	0,75 - <1,0	1,0 - <2,0	≥ 2,0
Fabrication de panneaux agglomérés	0[1] (0)	0 (0)	2 (0)	3 (0)	31 (0)
Placages de bois	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Contreplaqués	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Bois lamellé	0 (0)	0 (0)	4 (0)	5 (0)	0 (0)
Revêtement	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0)	1 (0)
Fabrication de meubles en bois	0 (0)	0 (0)	13 (1)	45 (0)	60 (0)
Fabrication de formaldéhyde et de résines	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	4 (0)
Fonderies	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Laboratoire de pathologie	0 (0)	0 (0)	1 (1)	6 (0)	31 (0)
Services funéraires – Thanatopraxie	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	60 (0)
Textiles - Finition	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
Transformation de matières plastiques	0 (0)	0 (0)	0 (1)	4 (1)	5 (0)
SOUS-TOTAL– GROUPES 1 et 2	0 (0)	0 (0)	20 (3)	67 (1)	193 (0)
GROUPE 3	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	45 (0)
TOTAL	0 (0)	0 (0)	20 (3)	68 (1)	238 (0)

[1] La première ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs plafonds; la deuxième ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs moyennes pondérées (uniquement à titre indicatif).

Tableau 19 : Nombre théorique de travailleurs qui présenteraient des effets irritants modérés de la gorge en fonction de la concentration d'exposition

Industries	Exposition (ppm)				
	0 - <0,3	0,3 - <0,75	0,75 - <1,0	1,0 - <2,0	≥ 2,0
Fabrication de panneaux agglomérés	0[1] (0)	0 (0)	2 (0)	3 (0)	31 (0)
Placages de bois	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Contreplaqués	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Bois lamellé	0 (0)	0 (0)	4 (0)	5 (0)	0 (0)
Revêtement	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0)	1 (0)
Fabrication de meubles en bois	0 (0)	0 (0)	13 (1)	46 (0)	60 (0)
Fabrication de formaldéhyde et de résines	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	4 (0)
Fonderies	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Laboratoire de pathologie	0 (0)	0 (0)	1 (1)	6 (0)	32 (0)
Services funéraires – Thanatopraxie	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	61 (0)
Textiles - Finition	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
Transformation de matières plastiques	0 (0)	0 (0)	0 (1)	4 (1)	5 (0)
SOUS-TOTAL– GROUPES 1 et 2	0 (0)	0 (0)	20 (3)	68 (1)	195 (0)
TOTAL GROUPE 3	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	46 (0)
TOTAL	0 (0)	0 (0)	20 (3)	69 (1)	241 (0)

[1] La première ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs plafonds; la deuxième ligne représente les effets irritants attribuables à une exposition aux valeurs moyennes pondérées (uniquement à titre indicatif).

4.6.1.3 Détermination de l'impact sur la santé de l'abaissement de la norme

Sur la base des estimations des effets dus à l'exposition professionnelle au formaldéhyde des 143 491 travailleurs québécois possiblement exposés pour l'ensemble des trois groupes, on déduit que pour les valeurs plafonds, dans la mesure où ces valeurs sont les plus représentatives de l'exposition réelle :

- Pour les effets modérés aux yeux :
  - Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritants modérés aux yeux chez environ 286 travailleurs sur 143 491, soit environ 0,2% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 1,0 ppm permettrait d'éviter ces effets pour 156 autres travailleurs pour un total de 442 sur 143 491, soit 0,3% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 0,75 ppm permettrait d'éviter ces effets pour 84 autres, un total de 526 sur 143 491, soit 0,4% de la population concernée
  - Pour des concentrations inférieures à 0,75 ppm, aucun effet irritant modéré aux yeux ne serait attribuable au formaldéhyde, mais ceci n'exclut pas qu'il pourrait y avoir des effets irritants légers. Aucun abaissement de norme d'exposition à des valeurs inférieures à 0,75 ppm ne pourra donc réduire ces effets qui constituent le bruit de fond.
- Pour les effets sévères aux yeux :
  - Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritants sévères aux yeux chez environ 37 travailleurs sur 143 491, soit environ 0,02% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 1,0 ppm, permettrait d'éviter ces effets pour 13 autres pour un total de 50 sur 143 491, soit 0,03% de la population concernée
  - Aucun abaissement à des valeurs inférieures à 1,0 ppm n'apportera de bénéfice supplémentaire pour la santé des travailleurs.
- Pour les effets modérés du nez :
  - Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritants modérés au nez chez environ 238 travailleurs sur 143 491, soit environ 0,2% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 1,0 ppm permettrait d'éviter des effets pour 68 autres pour un total de 306 sur 143 491, soit 0,2% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 0,75 ppm permettrait d'éviter ces effets pour 20 autres, un total de 326 travailleurs sur 143 491, soit 0,2% de la population concernée
  - Pour des concentrations inférieures à 0,75 ppm, aucun effet irritant modéré au nez ne serait attribuable au formaldéhyde, mais ceci n'exclut pas qu'il pourrait y avoir des effets irritants légers. Aucun abaissement de norme d'exposition à des valeurs inférieures à 0,75 ppm ne pourra donc réduire ces effets qui constituent le bruit de fond.
- Pour les effets modérés de la gorge :
  - Le respect de la norme actuelle (2 ppm plafond) permettrait d'éviter des effets irritants modérés à la gorge chez environ 241 travailleurs sur 143 491, soit environ 0,2% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 1,0 ppm permettrait d'éviter des effets pour 68 autres, un total de 309 travailleurs sur 143 491, soit 0,2% de la population concernée
  - Un abaissement de la norme à 0,75 ppm permettrait d'éviter ces effets pour 20 autres, un total de 329 travailleurs sur 143 491, soit 0,2% de la population concernée

- Pour des concentrations inférieures à 0,75 ppm, aucun effet irritant modéré au nez ne serait attribuable au formaldéhyde, mais ceci n'exclut pas qu'il pourrait y avoir des effets irritants légers. Aucun abaissement de norme d'exposition à des valeurs inférieures à 0,75 ppm ne pourra donc réduire ces effets qui constituent le bruit de fond.

4.6.2 Effets dus à une exposition subchronique

Quelques études chez des individus exposés professionnellement au formaldéhyde, effectuées en milieu contrôlé ou non, ont rapporté des effets sur la fonction pulmonaire alors que d'autres ne montrent pas d'association, pour des concentrations de formaldéhyde allant jusqu'à 2 ou 3 ppm. Dans ce type d'études, la présence de facteurs confondants non contrôlés (autres substances pouvant provoquer les mêmes symptômes) ne permet pas d'incriminer avec certitude le formaldéhyde comme étant l'agent causal de cet effet (9, 23). Par ailleurs, en milieu de travail, l'exposition est très difficilement quantifiable puisque les concentrations n'ont pas été mesurées au niveau des postes de travail (6, 9, 10, 16). Les effets, lorsqu'ils sont présents, disparaissent après l'arrêt de l'exposition (16). De plus, la sensibilité et la spécificité de ce type de tests sont trop faibles pour éviter un nombre important de faux positif lorsque la prévalence est faible.

Les études contrôlées effectuées sur des sujets sains ou asthmatiques, sans exposition professionnelle documentée, ne montrent toutefois pas de changement significatif dans la fonction pulmonaire, la réactivité bronchique ou la bronchoconstriction suite à une ou plusieurs expositions à des concentrations de formaldéhyde $\leq$ 2 ppm (13, 19-21). La réponse des asthmatiques était similaire à celle des individus sains. Sur la base de ces dernières études contrôlées, l'impact pour la santé des travailleurs d'un abaissement de la norme de 2 ppm valeurs plafonds vers 1, 0,75 ou 0,3 ppm apparaît donc limité, en ce qui concerne les effets sur la fonction respiratoire et le déclenchement de crises d'asthme. L'exposition dans les études expérimentales était cependant de courte durée contrairement aux cas des travailleurs.

Une analyse plus détaillée est rapportée dans l'Annexe 1.

4.6.3 Effets dus à une exposition chronique

4.6.3.1 Évaluation des études épidémiologiques

L'ensemble des études épidémiologiques (cohorte, cas-témoin, méta-analyse) cherchant à établir une relation entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition de cancers chez l'humain a été évalué (Annexe 1). Les principales observations sont rapportées ici.

Études de cohortes

Plusieurs études de cohorte ont été menées pour tenter d'établir l'association entre l'exposition au formaldéhyde et le risque de cancer de la cavité buccale et des voies respiratoires supérieures (sinus, fosses nasales, nasopharynx, pharynx) (28,29,31,61-66). Sur la base de ces études, il n'y a pas de preuve manifeste que le formaldéhyde peut causer des cancers des sinus et des fosses nasales, de la cavité buccale et du pharynx, étant donné les divergences de résultats entre les

études, la rareté de ces types de cancer, le faible nombre de cas observés et souvent le manque de puissance des études. Il est cependant intéressant de constater que six des 12 études ayant évalué le cancer du nasopharynx obtiennent un risque relié à l'exposition au formaldéhyde, généralement plutôt important (SMR ≈ 400) mais pas toujours significatif (28,31,32,61-68). Les six autres études n'ont pas observé de cas. Étant donné l'absence de risque significatif observé dans la plupart de ces études et du manque de puissance, il n'est pas possible de conclure que le formaldéhyde puisse causer le cancer du nasopharynx. De plus, le risque n'est pas toujours observé dans les catégories d'exposition les plus élevées, on retrouve parfois un risque élevé parmi les travailleurs appartenant à la plus faible catégorie d'exposition (non exposés). Il est difficile de tirer des conclusions lorsque la relation "dose-réponse" est inversée soit une diminution de l'effet avec l'augmentation de l'exposition.

Études cas-témoins

Par ailleurs, d'après les 18 études cas-témoins retenues, il n'y a pas de preuve manifeste que le formaldéhyde puisse causer le cancer du sinus et des fosses nasales (69-72). Les résultats ne concordent pas toujours entre les différentes études. Certaines études ont toutefois rapporté un risque significatif d'adénocarcinomes cellulaires des sinus et fosses nasales chez des individus exposés au formaldéhyde alors que dans le cas du carcinome spinocellulaire, les résultats ne permettent pas de conclure quant à une relation (27,73,74). De plus, d'après les 11 études qui ont porté sur l'évaluation de certains cancers de la cavité buccale et du pharynx, il n'y a pas de preuve manifeste que le formaldéhyde puisse causer de tels cancers chez l'humain (34,70,72,75-78,79-81). Les résultats ne concordent pas toujours entre les différentes études. En effet, on retrouve parfois une certaine relation avec la durée d'exposition tandis que dans d'autres études, on retrouve plutôt une relation avec l'exposition cumulative, la durée depuis la première exposition ou avec les niveaux moyens d'exposition. Il n'y a définitivement pas de tendance qui ressort de ces études. Les limites méthodologiques de telles études expliquent probablement ces résultats contradictoires entre les études : difficulté à estimer l'exposition réelle, à contrôler les facteurs confondants, etc.

Études de type méta-analyse

D'après les résultats obtenus dans les études de type méta-analyse, il n'y a pas de preuve manifeste que le formaldéhyde puisse causer le cancer du sinus et des fosses nasales, de la cavité buccale et du pharynx (82-84). Ces trois études ont toutefois analysé le cancer du nasopharynx séparément et obtiennent un risque relié à l'exposition au formaldéhyde. Cependant, ces études ayant une puissance plutôt limitée, les résultats doivent être interprétés prudemment. Une association ne peut être exclue et de futures études mieux effectuées pourraient aider à déterminer si le formaldéhyde est réellement cancérigène.

En résumé, les résultats de l'analyse de l'ensemble des études épidémiologiques ne sont pas assez conséquents pour constituer une preuve suffisante d'association causale entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition de cancers. Par contre, il est possible de conclure en une preuve

limitée[2]. De plus, dans de nombreuses études, le niveau d'exposition n'est pas établi de façon précise ou encore repose sur des mesures sporadiques. À partir des études épidémiologiques, il n'est donc pas possible d'établir de relation dose-réponse entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition de cancers dans l'intervalle de concentrations de la VEA.

En se basant principalement sur les données animales disponibles, deux organismes, le U.S. EPA (45) et le CIIT (85) ont toutefois établi une relation dose réponse dans le but de quantifier le risque de cancer. Les animaux étaient cependant exposés à de très fortes concentrations de formaldéhyde. À ces concentrations, des effets irritants étaient nécessairement présents, pouvant ainsi causer un effet promoteur et accentuer le risque de cancers.

4.6.3.2 Évaluation du CIIT sur le potentiel cancérogène du formaldéhyde et application des estimateurs de risques de cancer à l'exposition des travailleurs du Québec

Le CIIT (85) a tenté de quantifier le risque de cancers associé à l'exposition au formaldéhyde. Cette quantification repose sur des données animales, et sur un modèle de cancérogenèse à deux étapes comprenant l'effet mutagène direct (en se liant à l'ADN) et le potentiel cytotoxique du formaldéhyde impliquant la prolifération des cellules régénératrices à la suite de la mort des cellules. Il est à noter que c'est le seul modèle d'évaluation du risque de cancer qui a été validé avec des données épidémiologiques pour lesquelles une association statistique avait été observée. Les paramètres du modèle ont été déterminés en tenant compte de l'ajustement à ces données épidémiologiques.

Ainsi, sur cette base, le CIIT propose plusieurs valeurs d'excès de risque de cancer des voies respiratoires selon que l'exposition soit environnementale ou professionnelle, et selon que les sujets soient des fumeurs ou non. Le Tableau 20 rapporte ces valeurs d'excès de risque dans le cadre d'une exposition professionnelle.

Tableau 20 : Prédiction par le CIIT de l'excès de risque de cancer des voies respiratoires dû à une exposition professionnelle chronique au formaldéhyde

Concentration en formaldéhyde (ppm)	**Prédiction de l'excès de risque de cancer**		
	Non fumeur	**Mixte (fumeur et non fumeur)**	**Fumeur**
0,1 ppm	$4{,}1\times10^{-9}$	$7{,}6\times10^{-8}$	$1{,}0\times10^{-7}$
0,3 ppm	$1{,}3\times10^{-8}$	$2{,}6\times10^{-7}$	$3{,}8\times10^{-7}$
0,5 ppm	$2{,}5\times10^{-8}$	$5{,}0\times10^{-7}$	$7{,}2\times10^{-7}$
0,7 ppm	$3{,}4\times10^{-7}$	$8{,}0\times10^{-6}$	$6{,}6\times10^{-6}$
1,0 ppm	$8{,}8\times10^{-6}$	$2{,}1\times10^{-4}$	$1{,}5\times10^{-4}$

Si l'on compare les excès de risques déterminés par l'US.EPA (modèle non validé en confrontant les estimations aux données épidémiologiques qui ont observé une association exposition-cancers) dans l'évaluation de 1991 à ceux déterminés par le CIIT, pour une exposition

[2] Cette évaluation était aussi celle du CIRC (Centre international de recherche sur le cancer de l'OMS) jusqu'en juin 2004 date à laquelle une réévaluation tenant compte d'études très récentes a amené cet organisme à classer le formaldéhyde comme cancérogène pour l'humain (groupe 1) sur la base d'indications suffisantes de cancérogénicité (rhinopharynx) venant des études épidémiologiques.

environnementale à 0,1 ppm (exposition en continue pendant 80 ans, 24 heures par jour), le modèle de l'EPA donne un excès de risque compris entre $3,3\times10^{-5}$ et $2,8\times10^{-4}$, alors que, d'après le CIIT, l'excès de risque se situe entre $2,7\times10^{-8}$ et $6,7\times10^{-7}$. Le rapport entre les deux estimés d'excès de risque est compris entre 500 et 1000, selon les scénarios, l'US.EPA étant beaucoup plus protecteur que le CIIT. Il est évident que le modèle de l'US.EPA ne représente pas la réalité puisque le nombre de cancers estimés avec le modèle aux concentrations documentées dans les études épidémiologiques serait 500 à 1000 fois supérieur à la réalité.

Si l'on applique les valeurs de risque estimé avec le modèle du CIIT aux 143 491 travailleurs de l'industrie du Québec concernés, si l'on suppose que le groupe de travailleurs est constitué de fumeurs et de non fumeurs, qu'ils travaillent 8h/jour, 5jours/semaine pendant 40 ans à partir de 18 ans, et que le reste du temps ils sont exposés à 0,04 ppm jusqu'à l'âge de 80 ans et que l'on considère les distributions des expositions, il en résulte que :

- Pour une exposition moyenne sur 8 heures comprise entre 0 et <0,3 ppm et une valeur de l'excès de risque de $2,6\times10^{-7}$, il y aurait 0,04 travailleur atteint sur un total de 141 087 travailleurs

- Pour une exposition moyenne sur 8 heures comprise entre 0,3 et 0,75 ppm et une valeur de l'excès de risque de $8,0\times10^{-6}$, il y aurait 0,02 travailleur atteint sur un total de 2 233 travailleurs

- Pour une exposition moyenne sur 8 heures comprise entre 0,75 et 1,0 ppm et une valeur de l'excès de risque de $2,1\times10^{-4}$, il y aurait 0,04 travailleur atteint sur un total de 171 travailleurs.

Sur la base de ces données, le risque estimé d'effet cancérogène attribuable à l'exposition au formaldéhyde, aux concentrations d'exposition inférieures ou égale à 1 ppm, pour la population entière serait de l'ordre de 1 travailleur pour 300 000 travailleurs, exposés pendant 40 ans. Il n'est toutefois pas possible de quantifier le risque d'effet cancérogène pour une exposition au-delà de 1 ppm à cause du manque de données sur les excès de risque de cancer d'après le modèle du CIIT pour de telles concentrations.

4.7 Impacts socio-économiques

4.7.1 Coûts potentiels

- Impact des mécanismes autres que réglementaires

Nous n'avons pas trouvé, dans les bases de données et les sources budgétaires, de renseignements sur les coûts d'information, de formation et de réorganisation, imputables directement au respect de la valeur actuelle d'exposition admissible au formaldéhyde. Ces mécanismes englobent l'inspectorat, le fonctionnement des comités de santé, la révision des programmes de prévention et de santé, etc. Nous avons donc fait l'hypothèse qu'un changement de valeur admissible n'entraînerait pas de modifications de ces coûts, abstraction faite du coût associé au programme de protection respiratoire.

- Faisabilité technologique

Nous n'avons identifié aucun établissement qui aurait des problèmes structurels (absence de contrôles de génie mécanique) ou inhérents aux processus de fabrication ou d'utilisation. Quelques industries ont présenté des besoins de rénovation majeure dans des secteurs où la très grande majorité des industries avaient résolu les problèmes d'émission du formaldéhyde dans l'air. Ces cas problématiques sont invoqués dans les annexes sectorielles.

- Retraits pour raisons médicales

Il y avait au total, entre 1997 et 2002 (janvier à novembre), à la CSST, 100 dossiers où le formaldéhyde constituait le motif d'une réaffectation, d'un retrait ou des deux. Ceci correspond en moyenne à 20 cas par année quoique la tendance soit à une diminution de 33 cas en 1999 à 5 cas en 2002. Dans son rapport annuel 2002, la CSST rapporte avoir déboursé, en moyenne, $5 000 par demande pour les 25 175 demandes acceptées, peu importe le motif.

- Modifications des appareils et des procédures de suivi du niveau limite d'exposition

Certaines améliorations aux méthodes analytiques telles que la validation et l'implantation d'une nouvelle méthode analytique où l'échantillonnage se fait par moniteur passif, découleront des observations faites au cours de la recherche. Mais, il était impossible d'en évaluer les avantages et les coûts durant la recherche. Les procédures de suivi du niveau limite d'exposition ne seraient pas affectées par un abaissement de la valeur d'exposition admissible.

- Charge économique sur le réseau de la santé pour les soins qui ne sont pas pris en compte par le réseau SST

Cet aspect n'a pas été abordé au cours de notre étude .

- Substitution

Dans chacune des annexes, les possibilités de substitution du formaldéhyde par un autre composé ou un autre procédé sont mentionnées. Toutefois, les informations économiques et toxicologiques sur les substituts n'étaient pas suffisantes ou auraient demandé une étude beaucoup plus poussée pour tenter d'établir des coûts dans le cadre de cette recherche.

- Élimination à la source et protection individuelle

    - Groupes 1 et 2

Les Tableaux 21 et 22 résument les coûts de modifications de procédé, de ventilation et de protection respiratoire qui seraient requis des industries pour se conformer aux différentes hypothèses d'abaissement de la valeur d'exposition admissible. Il faut noter que les coûts de conformité à la valeur plafond actuelle ont été calculés et soustraits du coût global imputable à l'abaissement de chacune des valeurs d'exposition considérées. Le détail de ces coûts est présenté dans les annexes sectorielles.

De façon générale pour les groupes 1 et 2, il n'y aurait pas de coût économique notable pour un abaissement en valeur d'exposition moyenne pondérée à 1,0 et 0,75 ppm. Le Tableau 21 présente donc le sommaire des coûts pour un abaissement à 0,3 ppm. Ces coûts sont minimes pour les secteurs de fabrication des panneaux agglomérés, la fabrication d'autres produits du bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines, les fonderies, la finition du textile et la transformation des matières plastiques à base de formaldéhyde. Il y aurait de l'amélioration à apporter à l'élimination à la source par ventilation, confinement, et répartition des tâches dans le secteur de fabrication de meubles qui représenterait 0,35 % de la marge brute d'exploitation. Les laboratoires de pathologie devraient consentir à une augmentation de 1,6 % de leurs coûts de fonctionnement et le secteur des services funéraires à une diminution de 0,64% de la marge brute d'exploitation.

En valeur plafond, les coûts présentés au Tableau 22 augmentent pour les établissements des groupes 1 et 2, à mesure que la valeur plafond devient plus restrictive à 1,0, 0,75 et 0,3 ppm. Les coûts décrivent bien la difficulté d'atteindre une valeur plafond de 0,3 ppm (coût annualisé total de $20 millions) relativement aux valeurs de 0,75 et 1,0 ppm (coût annualisé total de 11 à 12,5 millions). Cependant, ces coûts demeurent minimes par rapport au poids économique des industries du secteur, pour la fabrication de panneaux agglomérés, la fabrication d'autres produits du bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde, les fonderies, la finition du textile et la transformation de matières plastiques.

Tableau 21 : Sommaire des coûts de l'abaissement de la norme actuelle à une valeur d'exposition moyenne pondérée de 0,3 ppm

Secteurs	Coûts (x 1 000 $)						Marge brute exploitation (x 1000) en 2001 [2]
	Modification	Ventilation	Protection respiratoire	Coût total	Coût annualisé [1]	%*	
Groupe 1							
Panneaux agglomérés	374	0	0	374	61	F	280 971
Autres produits du bois	F	F	F	F	F	F	440 384
Meubles	0	2 828	0	2 828	2 828	0, 3	800 053
HCHO et résines	F	F	F	F	F	F	En 1999 391 137
Fonderies	0	F	0	F	F	F	213 338
Laboratoires de pathologie	2 106	318	0	2 424	661	1,6 [3]	n.d
Services funéraires	646	65	0	711	170	0,6	26 700
TOTAL	**3 126**	**3 211**	**0**	**6 337**	**3 720**		**2 152 583**
Groupe 2							
Textiles – finition	F	F	F	F	F	F	89 270
Transformation matières plastiques	F	F	F	F	F	F	53 616
TOTAL	**F**	**F**	**F**	**F**	**F**	**F**	**142 886**

* % = Pourcentage par rapport à la marge brute d'exploitation; F= Faible

[1] : Le coût annualisé est le coût total étalé sur 10 ans a un taux d'intérêt de 10 %

[2] : La marge brute d'exploitation est calculée en ajoutant les coûts du combustible, de l'électricité, des matières premières et fournitures, des traitements et salaires. Ce résultat est ensuite soustrait de la valeur des livraisons manufacturières du secteur pour obtenir la marge brute d'exploitation. Celle-ci ne tient pas compte des coûts financiers du secteur (ex : impôts, dettes, intérêts …).

[3] : Par rapport aux coûts des laboratoires d'anatomo-pathologie au Québec en 2002, soit 41,6 millions $.

Tableau 22 : Sommaire des coûts de l'abaissement de la norme actuelle à une valeur plafond

Secteurs	Coûts (x 1 000 $)						Marge brute exploitation (x 1000) en 2001 [2]
	Modification	Ventilation	Protection respiratoire	Coût total	Coût annualisé[1]	%*	
1 ppm							
Groupe 1							
Panneaux agglomérés	0	0	205	305	33	F	280 971
Autres produits du bois :	F	F	F	F	F	F	440 384
Meubles	14 916	4 509	5 270	17 258	6 604	0,8	800 053
HCHO et résines	0	0	128	128	63	F	En 1999 391 137
Fonderies	0	0	0	0	0	0	213 338
Laboratoires pathologie	1 404	212	0	1 616	441	1,1[3]	n.d
Services funéraires	3 444	293	0	3 737	854	3,2	26 700
TOTAL	**19 764**	**5 014**	**5 603**	**30 481**	**10 905**		**2 152 583**
Groupe 2							
Textiles – finition	F	F	F	F	F	F	89 270
Transformation matières plastiques	0	0	40	40	17	F	53 616
TOTAL	**F**	**F**	**F**	**F**	**F**	**F**	**142 886**
0,75 ppm							
Groupe 1							
Panneaux agglomérés	180	0	418	599	98	F	280 971
Autres produits du bois :	F	F	F	F	F	F	440 384
Meubles	19 578	5 918	5 270	30 766	8 159	1,0	800 053
HCHO et résines	0	0	196	196	97	F	En 1999 391 137
Fonderies	0	0	0	0	0	0	213 338
Laboratoires pathologie	1 728	261	0	1 989	543	1,3[3]	n.d
Services funéraires	4 563	390	0	4 953	1 134	4,2	26 700
TOTAL	**26 049**	**6 569**	**5 884**	**38 503**	**10 031**		**2 152 583**

Secteurs	Coûts (x 1 000 $)						Marge brute exploitation (x 1000) en 2001 [2]
	Modification	Ventilation	Protection respiratoire	Coût total	Coût annualisé[1]	%*	
Groupe 2							
Textiles – finition	F	F	F	F	F	F	89 270
Transformation matières plastiques	0	0	40	40	17	M	53 616
TOTAL	**F**	**F**	**40**	**40**	**17**	**M**	**142 886**
0,3 ppm							
Groupe 1							
Panneaux agglomérés	180	0	435	615	100	F	280 971
Autres produits du bois	F	F	F	F	F	F	440 384
Meubles	19 154	11 835	5 533	36 522	14 735	1,8	800 053
HCHO et résines	0	0	196	196	97	F	En 1999 391 137
Fonderies	0	F	0	F	F	F	213 338
Laboratoires pathologie	2 484	376	439	3 299	961	2,3[3]	n.d
Services funéraires	7 605	650	178	8 434	1 962	7,3	26 700
TOTAL	**29 423**	**12 861**	**6 781**	**49 066**	**17 855**		**2 152 583**
Groupe 2							
Textiles – finition	F	F	F	F	F	F	89 270
Transformation matières plastiques	0	0	44	44	19	F	53 616
TOTAL	**F**	**F**	**44**	**44**	**19**	**F**	**142 886**

* : Pourcentage par rapport a la marge brute d'exploitation. F: faible;

[1] : Le coût annualisé est le coût total étalé sur 10 ans à un taux d'intérêt de 10 %

[2] : La marge brute d'exploitation est calculée en ajoutant les coûts du combustible, de l'électricité, des matières premières et fournitures, des traitements et salaires. Ce résultat est ensuite soustrait de la valeur des livraisons manufacturières du secteur pour obtenir la marge brute d'exploitation. Celle-ci ne tient pas compte des coûts financiers du secteur (ex : impôts, dettes, intérêts …).

[3] : Par rapport aux coûts des laboratoires d'anatomo-pathologie au Québec en 2002, soit 41,6 millions $.

- Groupe 3

Des 22 secteurs du groupe 3, quatre pourraient subir un impact significatif d'un changement de valeur d'exposition admissible pour le formaldéhyde et 18 ne subiraient qu'un impact faible ou nul. Les secteurs dont le code commence par A sont ceux pour lesquels l'information disponible sur le marché québécois permettait déjà de les identifier comme des utilisateurs de formaldéhyde ou de produits engendrant du formaldéhyde. Cependant, notons que l'impossibilité d'obtenir une information complète de certains secteurs à cause de manque de ressources ou de l'inaccessibilité de cette information, nous force à mettre en garde le lecteur. L'information colligée pour ce groupe représente la meilleure interprétation possible de la réalité québécoise mais elle nous empêche d'être plus quantitatif dans l'interprétation. Le Tableau 23 résume ces résultats qui sont détaillés à l'annexe 12.

Tableau 23 : Sommaire qualitatif de l'impact socio-économique du groupe 3

Secteur / Sous-secteur		Impact significatif	Impact faible ou nul
A1 – Pâtes et papiers		•	
A2 - Isolants minéraux non métalliques		•	
A3 – Industrie agro-alimentaire		•	
A4 – Laboratoires d'enseignement de biologie, de médecine, de médecine vétérinaire et de thanatologie		•	
A5 – Pièces et composantes électroniques			•
A6 – Cabinets dentaires			•
A7 – Industrie chimique	A7.1 Colorants		•
	A7.2 Savons et composés de nettoyage		•
	A7.3 Préparations pour les pâtes et papier, le textile et le traitement de l'eau		•
	A7.4 Peintures et vernis		•
	A7.5 Produits pour l'imprimerie		•
	A7.6 Distribution de produits bruts et traitement de produits usés		•
	A7.7 Synthèse de composés organiques		•
A8 – Fabrication d'adhésifs			•
B01 – Laboratoires de développement de photographie			•
B02 – Imprimerie			•
B03 – Ateliers d'usinage			•
B04 – Fabrication d'abrasifs			•
B05 – Fabrication de garnitures et joints d'étanchéité			•

B06 – Transformation du cuir		•
B07 – Fabrication de fertilisants		•
B08 – Fabrication de produits de toilette		•
B09 – Fabricants d'explosifs		•
B10 – Produits pharmaceutiques		•
B11 – Fleuristes		•
B12 – Hémodialyse		•
B13 – Tannage du cuir		•
B14 - Habillement		•

Impact significatif : un ou plusieurs des scénarios de réduction de la VEA entraîneraient des dépenses reliées à la mise en place de moyens collectifs de prévention comme la ventilation ou de modification des édifices.
Impact faible ou nul : soit, les expositions sont suffisantes pour qu'un ou plusieurs des scénarios de réduction de la VEA entraînent des dépenses mineures telles la protection respiratoire ou la substitution par des produits non toxiques à coût presqu'équivalent; soit, il n'y a pas d'exposition probable en haut de 0,3 ppm, donc aucun impact socio-économique sur ce secteur pour tous les scénarios de réduction de la VEA.

Les quatre secteurs qui pourraient subir un impact significatif d'un changement de valeur d'exposition admissible pour le formaldéhyde sont « Pâtes et papier », « Isolants minéraux non-métalliques », « Industrie agroalimentaire » et « Laboratoires d'enseignement de biologie, de médecine, de médecine vétérinaire et de thanatologie ». Chacun de ces secteurs a été examiné pour mieux qualifier l'impact socio-économique de l'abaissement de la valeur d'exposition admissible.

Pâtes et papier

L'abaissement de la valeur d'exposition admissible (VEMP 8h) à 1 et 0,75 ppm n'entraînerait pas d'augmentation appréciable des coûts d'exploitation de ce secteur. L'abaissement à 0,3 ppm pourrait avoir un impact économique mais qui devrait être minime selon les évaluations de l'exposition.

Toutefois l'abaissement de la valeur plafond actuelle pourrait résulter en un certain nombre de travailleurs qui seraient exposés occasionnellement à des émissions fugitives supérieures à la nouvelle valeur plafond. Sauf une usine qui pourrait diminuer l'exposition par substitution sans encourir de coût supplémentaire, 850 travailleurs pourraient être exposés occasionnellement à des expositions qui ne dépasseraient pas 0,75 ppm. L'abaissement à 0,3 ppm plafond, nécessiterait une modification de procédé, l'élimination à la source ou une réorganisation de certaines tâches et, en dernier recours, l'utilisation de la protection respiratoire. Par association avec la situation dans l'industrie des panneaux agglomérés (annexe 3), les coûts directs et indirects de la protection respiratoire incluant le programme de protection respiratoire et les équipements de protection respiratoire, pour les industries du secteur, totaliseraient 1 492 600$ pour la première

année et 1 224 000$ pour les années subséquentes. Il est difficile de préciser si ces coûts sont complètement imputables à l'abaissement de la valeur d'exposition admissible faute d'information sur le nombre d'établissements et de travailleurs qui ont déjà un programme de protection respiratoire pour se conformer à la norme actuelle d'autres contaminants. Soulignons que la modification de procédé, l'élimination à la source par ventilation et l'organisation du travail pourraient diminuer le nombre de travailleurs exposés et, par le fait même, les coûts de la protection respiratoire. Ces coûts représente moins que 0,1% de la marge d'exploitation et sont susceptibles de n'avoir qu'un impact économique minime sur le secteur.

Isolants minéraux non-métalliques

L'abaissement de la valeur d'exposition admissible en une valeur d'exposition moyenne pondérée de 0,3 ppm n'entraînerait aucun coût dans le secteur des isolants minéraux non-métalliques.

Environ 30 travailleurs de ce secteur seraient exposés entre 0,3-0,75 ppm. L'abaissement de la valeur plafond à 0,3 ppm pourrait être possible par des modifications de procédé et des améliorations de ventilation qui sont usuelles tout en requérant une validation sur le terrain. Toutefois, les 22 travailleurs qui sont actuellement exposés occasionnellement à plus de 1 ppm sans dépasser la norme actuelle, pourraient devoir recourir à la protection respiratoire à cause de la nature de leurs tâches. Si tel est le cas, les coûts encourus annuellement (basés sur les coûts annualisés du secteur des panneaux agglomérés) seraient de l'ordre de 127 527$ à 0,3 ppm plafond, 122 767$ à 0,75 ppm et 60 258$ à 1,0 ppm.

Globalement, l'abaissement de la norme n'entraînerait qu'une augmentation minime des coûts de production pour l'ensemble du secteur.

Industrie agroalimentaire

Aucune donnée n'étant disponible sur le nombre de travailleurs exposés et les niveaux d'exposition, il est impossible d'établir les coûts et avantages d'un abaissement de valeurs d'exposition admissibles. Donc le secteur de l'industrie agroalimentaire n'a pu être évalué. Plus de détails sont donnés à l'annexe 12.

Laboratoires d'enseignement de biologie, de médecine, de médecine vétérinaire et de thanatologie

Il n'est pas possible de calculer le seuil d'impact majeur pour ce sous-secteur, aucune donnée économique sur sa population n'étant disponible. Toutefois en utilisant le coût par travailleur calculé pour le secteur « Laboratoires de pathologie » (annexe 8), les coûts prévisibles seraient de 488 839$ pour une valeur plafond de 0,3 ppm, 276 130$ pour 0,75 ppm et 224 378$ pour 1,0 ppm. Notons qu'une bonne partie de ces coûts découleraient de la mise en conformité avec la valeur d'exposition actuelle. Contrairement aux autres secteurs, nous ne pouvons différencier les coûts de mise en conformité à la norme actuelle et aux normes proposées, faute d'information sur le nombre de travailleurs. Notons qu'un salaire horaire de 25$ a été utilisé.

4.7.2 Avantages potentiels

- Réduction des irritations respiratoires et oculaires (et autres pathologies potentielles) et du temps de travail perdu (amélioration de la productivité et diminution des indemnisations)

La section de l'étude sur les différents états de santé a réussi à identifier des effets potentiels de l'exposition lorsque les valeurs sont inférieures à 2,0 ppm. Ces effets sont essentiellement des effets irritants des yeux ou modérés des yeux, du nez et de la gorge. Les coûts évités par un abaissement de norme ont été calculés sur l'hypothèse que chaque incident d'irritation causerait un retrait du travail de 15 minutes et que ce retrait du poste de travail surviendrait une fois par semaine pour une des trois irritations, tel que proposé à l'annexe 2 suite à des observations informelles recueillies dans différents milieux de travail. Un salaire horaire moyen, spécifique à chaque secteur a été utilisé lorsque les données économiques étaient disponibles. Les gains monétaires ainsi calculés pour l'abaissement de la valeur d'exposition plafond sont résumés au Tableau 24. Les coûts évités pour un abaissement de la valeur moyenne pondérée sur 8 heures sont négligeables.

Tableau 24 : Coûts évités en pertes de temps pour irritations par un abaissement de VEA-plafond

Secteurs	Coûts évités par un abaissement de la VEA-Plafond ($)		
	0,3 ppm[1]	0,75 ppm	1,0 ppm
Panneaux agglomérés	-	11 700 – 19 500[2]	11 050 – 16 575
	-	1 625 – 5 850[3]	975 – 2 925
Autres produits du bois	-	4 225 – 12 675	2 925 – 7 475
	-	3 900 – 12 350	2 600 – 7 150
Meubles	-	38 675 – 76 375	34 450 – 62 075
	-	19 175 – 52 650	14 950 – 22 750
HCHO et résines	-	1 625 – 2 925	1 625 – 2 600
	-	325 – 1 300	325 - 975
Fonderies	-	0	0
Laboratoires pathologie	-	12 675 – 19 825	12 350 – 18 525
	-	2 275 – 5 850	1 950 – 4 550
Services funéraires	-	26 325 – 19 825	26 325 – 19 825
	-	0	0
Textiles – finition	-	325 – 1 300	325 - 650
	-	0 -650	0
Transformation de matières plastiques	-	2 915 – 5 200	2 915 – 5 200
	-	1 300 – 2 925	1 300 – 2 925
Groupe 3	-	14 950 – 20 475	14 950 – 20 475
	-	0	0
TOTAL	-	106 925 – 184 600	100 425 – 159 900
	-	28 600 – 81 575	22 100 – 41 275

[1] Aucun effet irritant modéré ou sévère ne serait attribuable au formaldéhyde à une concentration inférieure à 0,75 ppm mais ceci n'exclut pas la possibilité d'effets irritants légers. Les coûts évités à 0,3 ppm seraient donc les mêmes que ceux évités à 0,75 ppm.
[2] En incluant les travailleurs actuellement exposés à ≥ 2,0 ppm
[3] En excluant les travailleurs actuellement exposés à ≥ 2,0 ppm

- Amélioration de l'information sur les risques d'exposition aux produits chimiques dans les milieux de travail

Nous n'avons pas réussi à recueillir des renseignements qui permettraient d'identifier et par la suite de chiffrer une amélioration de l'information sur les risques d'exposition aux produits chimiques dans le milieu travail, suite à un abaissement de la norme du formaldéhyde. Il semble que, dans plusieurs secteurs d'activité économique, l'information sur l'existence et l'application de la valeur d'exposition admissible pourrait être améliorée. Mais les conséquences socio-économiques d'un abaissement de norme du formaldéhyde sont difficiles à isoler de la problématique d'ensemble du système de formation et d'information sur les matières dangereuses utilisées en milieu de travail (SIMDUT).

- Réduction des risques de cancers

Le volet santé de l'étude ne suggère pas que le risque de cancer découlant d'une exposition au formaldéhyde puisse être estimé lorsqu'elle est sous la norme plafond de 2,0 ppm. Le changement du risque associé à la vie humaine (maladie, réduction de la durée de vie et décès) n'apparaît pas comme un avantage qui puisse être pris en considération.

- Amélioration de la performance du procédé (modifications de procédés)

Le respect d'une norme modifiée ne passe pas par une modification des procédés au sens large mais pour l'essentiel par le confinement (pour la fabrication de certains produits), la ventilation, un changement de certaines méthodes de travail ainsi que par l'adoption d'un programme de protection respiratoire plus strict dans le cas de l'exécution de certaines tâches ponctuelles. Il n'y a donc pas d'avantages qui pourraient découler de changements plus structurels des procédés.

- Réduction des retraits préventifs

Dans le dossier du retrait préventif de la femme enceinte ou qui allaite, il ne semble pas que la diminution du nombre, déjà faible, de demandes acceptées puisse constituer un avantage économique notable.

- Réduction des coûts de la protection individuelle (respiratoire et autres)

Tel qu'indiqué dans plusieurs annexes et conformément à l'esprit de la loi sur la santé et la sécurité du travail, toute amélioration par modification de procédé, substitution, élimination à la source qui diminue la concentration de formaldéhyde dans l'air diminuera les coûts de la protection individuelle.

5. DISCUSSION

La présente étude est, à notre connaissance, la plus complète effectuée au Québec sur l'impact d'une valeur limite d'exposition depuis le rapport en 1976 des travaux du Comité d'étude sur la salubrité dans l'industrie de l'amiante qui traitait, entre autres, de cet aspect. Par ailleurs, à l'exception de l'article de Botkin et al (86) résumant diverses approches d'études d'impact utilisées aux États-Unis par OSHA, il faut noter l'absence frappante de publications scientifiques portant sur ce thème. Nous avons étudié la méthodologie utilisée par OSHA entre 1985 et 1993 pour établir les normes réglementaires du formaldéhyde et publiée dans une série de rapports et d'extraits du Federal Register (87,88). Elle repose sur l'utilisation d'outils qui ne sont pas disponibles ou mobilisables dans le contexte québécois, notamment de larges enquêtes sur l'utilisation du formaldéhyde, une base de données exhaustive des niveaux d'exposition provenant des inspections dans tous les milieux d'activité, ainsi que la mobilisation par les associations industrielles des nombreuses données privées disponibles. Nous avons cependant retenu du travail effectué par OSHA, leur classification des activités économiques en 3 grands groupes selon l'exposition, classification qui a servi de point de départ à notre démarche. Les bases méthodologiques de la présente étude, ébauchées lors de l'étude préliminaire (1), et mises à l'épreuve dans cette recherche, notamment lors de l'étude approfondie du secteur des panneaux agglomérés, sont donc relativement originales. Ceci explique la nature diversifiée et exploratoire des méthodes et outils mis en œuvre. Diverses recommandations touchant la réalisation de futures études d'impact sont présentées à la section 7.

Rappelons également que la complexité et l'originalité de la question posée ont nécessité l'adoption d'une approche multidisciplinaire. Le fonctionnement s'est organisé en pôles (terrain, littérature-expertise, santé, économie) dont le travail a été coordonné par un comité de gestion composé des responsables des diverses équipes. Cette structure s'est avérée souple et a permis un travail interactif dès le début de la recherche. Par ailleurs la présence d'un Comité technique a permis une consultation régulière de représentants et experts industriels sur le déroulement de l'étude et une validation des résultats dans certains secteurs. Il faut noter cependant que la majorité des nombreuses consultations d'experts industriels s'est déroulée de façon ad hoc, à l'extérieur du Comité technique, ce dernier ne pouvant mobiliser en permanence des représentants de tous les secteurs.

Cette discussion abordera successivement les aspects reliés à l'identification des secteurs, établissements et travailleurs exposés, à l'élaboration des matrices, aux secteurs et professions à risque, aux aspects sanitaires et aux aspects socio-économiques de l'évaluation d'impact.

5.1 Identification des secteurs d'activité économique, des établissements et des travailleurs exposés

L'existence d'un regroupement de secteurs d'activité économique en fonction d'une problématique spécifique, tel que réalisé par OSHA pour le formaldéhyde a facilité au départ l'identification des secteurs concernés. Il s'est avéré toutefois essentiel de valider ces informations pour le milieu québécois. La documentation des procédés et des produits fabriqués est la méthode à privilégier et qui a été adoptée dans l'étude.

Différentes sources d'informations ont été consultées pour confirmer la présence des mêmes secteurs d'activité au Québec ainsi que d'autres secteurs où les travailleurs sont potentiellement exposés selon les banques de données sur l'exposition (LIMS, IMIS, NEDB; données de la littérature).

Il est vite apparu que les données de la CSST souffraient de plusieurs faiblesses. La CSST utilise le système de classification CAEQ pour regrouper les entreprises par secteur d'activité économique. La codification CAEQ, similaire au CTI canadien, se réfère à une réalité économique et industrielle en place au début des années 1980. Depuis plusieurs années, les trois pays d'Amérique du Nord utilisent un nouveau code de classification, le SCIAN, plus adapté et plus détaillé. La validité de l'assignation du code CAEQ par la CSST est mal connue du fait qu'elle provient des déclarations obligatoires de la part des entreprises. De plus, les codes CAEQ sont assignés par différentes personnes dans chaque direction régionale de la CSST. En conséquence, l'uniformité du codage laisse à désirer, de sorte que plusieurs établissements sont mal classés en termes d'activité économique. En outre, les données de la CSST n'incluent pas d'informations spécifiques sur le nombre de travailleurs (à la production, autres employés), ce qui rend impossible le calcul de leur nombre dans un secteur utilisant du formaldéhyde. Enfin, la banque des lésions professionnelles reliées au formaldéhyde et indemnisées par la CSST ne fournit que de très faibles nombres et les dossiers de retrait préventif ne fournissent pas d'évaluation quantitative du niveau d'exposition.

Les deux bases de données principales utilisées et considérées comme les plus pertinentes sont celles qui proviennent du CRIQ (pour le secteur manufacturier) et de Statistique Canada (pour le secteur manufacturier national et infra provincial et les autres secteurs d'activité économique). Les données du CRIQ permettent l'estimation du nombre de travailleurs dans les industries manufacturières inscrites dans les trois groupes, compte tenu de sa richesse d'information (activité économique, produits fabriqués). De plus, les codes CAEQ et SCIAN sont assignés par seulement trois personnes au CRIQ de sorte que l'uniformité du codage est meilleure que celle de la CSST. Les banques de données de Statistique Canada, qui utilisent pour leur part la classification SCIAN, fournissent sur une base annuelle et par secteur d'activité, des informations sur l'activité principale (produits), le nombre d'établissements, la main-d'œuvre ainsi que la valeur brute de la production et les coûts des principaux éléments de la production.[3] Du point de vue de l'analyse économique, la base de données de Statistiques Canada est la plus adéquate.

Les deux banques de données pour ce qui est du nombre d'établissements et de travailleurs pour un secteur donné peuvent montrer des divergences. Dans le cas du CRIQ, il n'est pas toujours clair quelle est l'année de référence des données et quelle est la périodicité de la mise à jour des

[3] Les établissements sont les unités de production de base que l'on ne retrouve généralement que dans un endroit géographique et qui ne produisent qu'une gamme limitée de produits. L'établissement est l'unité de production la plus homogène pour laquelle la firme tient des documents comptables desquels peuvent être tirées des données sur la valeur brute de la production (ventes totales ou expéditions, et stocks), le coût des matières premières et des services ainsi que la main-d'oeuvre et le capital utilisés dans la production. Les entreprises, par contre, constituent des entités corporatives légales. La plupart des entreprises sont constituées d'un seul établissement, mais certaines entreprises opèrent plusieurs usines.

informations, compte tenu que l'inscription dans la banque est un processus volontaire. Dans le cas de Statistique Canada, les données sur les établissements sont calculées à partir du registre des entreprises, qui sert entre autres à fournir des échantillons pour les enquêtes de Statistique Canada auprès des entreprises. Cette base de données contient l'ensemble complet de tous les établissements, qu'ils soient actifs ou inactifs et peu importe le nombre de travailleurs. Par exemple, dans le cas des panneaux agglomérés, en s'en tenant aux établissements actifs de 50 employés et plus, on obtient à toutes fin pratiques le nombre d'établissements et de travailleurs observés dans l'étude sur le terrain.

Les résultats sont présentés selon les classifications CAEQ et SCIAN. Il fut possible dans l'analyse des secteurs des groupes 1 et 2, d'apporter des ajustements (inclusion-exclusion) pour faire en sorte que l'appréciation des concentrations d'exposition porte sur un groupe d'entreprises présentant des procédés industriels similaires. Ces ajustements font en sorte que l'estimation du nombre d'entreprises et du nombre de travailleurs pour une activité économique donnée, diffère des statistiques produites par les différents organismes responsables des banques de données consultées dans le cadre de cette recherche. Deux tendances s'opposent dans l'estimation du nombre total de travailleurs québécois potentiellement exposés au formaldéhyde dans le cadre de cette étude. D'une part, le nombre de travailleurs peut être surestimé. En effet dans le secteur du meuble en bois où il y a un grand nombre d'établissements, il a été jugé qu'ils utilisent tous des vernis à catalyse acide dégageant du formaldéhyde. À l'inverse, il est probable que plusieurs travailleurs dans certains secteurs du groupe 3 comme l'agro-alimentaire ou l'habillement soient effectivement exposés au formaldéhyde. Ils n'ont cependant pas pu été quantifiés dans cette étude.

Certaines informations ont été fournies par les associations professionnelles. Celles-ci peuvent être très utiles pour établir le nombre d'établissement ou de travailleurs. Mais il faut être conscient qu'il n'y a pas d'obligation à être membre d'une association.

Enfin, il est clair que la banque provinciale du SMEST-formaldéhyde n'est pas une source de données exhaustive pour identifier tous les établissements « exposés » d'un secteur donné. Par exemple, pour le CAEQ-2593, elle ne comprend que 3 des 12 établissements actuellement dans le secteur, à cause des dossiers non saisis et des entreprises fermées. Nous nous sommes par ailleurs interrogés sur l'utilisation possible de la liste d'établissements du module établissements (dossiers ouverts) pour l'identification des entreprises. Cette liste devait être relativement similaire à la liste de la CSST, avec la valeur ajoutée provenant de la validation faite par les équipes locales (code CAEQ, établissements fermés). Après vérification auprès des intervenants des CLSC, il appert que les codes CAEQ issus de la CSST n'ont pas été corrigés et que les cas d'établissements fermés n'ont pas fait l'objet d'une correction systématique dans le SMEST. L'utilisation du module « retraits préventifs » pour identifier des établissements hors des groupes prioritaires où il y a présence de formaldéhyde s'avère peu utile car la banque ministérielle ne comprend ni les noms des entreprises ni les données éventuelles des mesures que l'on retrouve dans les SMEST locaux.

5.2 Évaluation de l'exposition et élaboration des matrices

5.2.1 Littérature et banques de données

Les forces et les faiblesses de la littérature

La littérature a été très utile pour la compréhension des procédés et des conditions dans lesquelles le formaldéhyde se dégage dans l'air des locaux de travail. Ainsi, dans la fabrication des meubles en bois dans les années 1980, OSHA identifiait les colles comme sources d'émission de formaldéhyde (89). La littérature récente nous a appris que le formaldéhyde se dégage maintenant principalement à l'étape de la finition des meubles avec des vernis à catalyse acide puisque les colles utilisées pour l'assemblage ne sont plus à base de formaldéhyde et que les colles aminées servant toujours dans la fabrication des panneaux agglomérés utilisés lors du façonnage et de l'assemblage des meubles, génèrent des niveaux négligeables de formaldéhyde.

La littérature a permis d'identifier de nouveaux secteurs non listés ou non couverts par OSHA. C'est le cas notamment des couvoirs où l'on sait qu'il y a des travailleurs québécois effectivement exposés au formaldéhyde. D'autres secteurs de l'agro-alimentaire ont également été identifiés mais sont mal documentés, notamment la fabrication d'aliments pour animaux et les alevinières.

En raison de son accessibilité, la littérature scientifique est généralement la source la plus utilisée pour obtenir rapidement des niveaux d'exposition concernant les substances toxiques en milieu de travail. Étant donné que les objectifs des études en question sont le plus souvent très différents de ceux de notre recherche, les procédés, les matières premières, les postes de travail, les professions et la ventilation sont généralement peu ou pas documentés. Plusieurs secteurs d'activité économique sont en outre carrément non documentés, particulièrement dans le groupe 3. Par ailleurs, notre recherche a confirmé l'utilité de la littérature grise, notamment des rapports d'hygiène industrielle du NIOSH. Ces documents sont particulièrement intéressants pour la compréhension des procédés, professions et postes de travail en raison des descriptions souvent exhaustives des milieux de travail.

Un problème important avec les données d'exposition provenant de la littérature scientifique ou grise est la variété des méthodes d'échantillonnage et d'analyse utilisées, rendant difficiles les comparaisons et les regroupements. Certaines méthodes anciennes sont d'ailleurs non spécifiques ou sujettes à des interférences. Les durées d'échantillonnage sont également très variables et les auteurs, particulièrement dans les études scientifiques, ne rapportent souvent pas le degré de représentativité de leurs données.

Les banques de données

Les banques de données IMIS et NEDB ont été utilisées pour la moitié des secteurs d'activité économique des groupes 1 et 2. Pour l'autre moitié, les données concernant le formaldéhyde étaient soient absentes ou inutilisables en raison de l'imprécision ou de l'absence d'information.

Les données de IMIS souffrent du fait que les professions ne sont pas normalisées. Seule la classification des activités économiques est standardisée mais pas selon le SCIAN. Les données de IMIS ne permettent pas d'identifier les entreprises auxquelles les données d'exposition se rapportent, ce qui complique le travail d'interprétation des données. La base NEDB, beaucoup plus petite qu'IMIS, offre le libellé du code d'activité économique britannique mais pas le code chiffré lui-même. Par ailleurs, les professions sont normalisées au niveau d'un libellé propre à l'administration britannique, sans code chiffré. Les deux bases de données présentent également quelques paramètres pour qualifier les niveaux d'exposition (p. ex. type de prélèvement). L'exercice d'exploitation de ces données est cependant laborieux. Les données d'exposition réellement utilisables sont finalement peu nombreuses comme en témoigne le résumé présenté au Tableau 8. Les auteurs qui ont utilisé IMIS dans le passé pour générer des profils multisectoriels d'exposition, ne l'ont d'ailleurs fait que pour des substances ubiquistes comme le plomb et la silice (90,91). La banque IMIS a cependant été utile pour le secteur de la fonderie où il y avait beaucoup de données.

Les auteurs de ce rapport déplorent le fait que les données du SMEST n'aient pu être utilisées en raison notamment de l'épuration des données lors de la création de la base SMEST provinciale à partir des bases SMEST locales dans les CLSC et de la faible proportion des données saisies dans le SMEST par rapport à celles disponibles dans les dossiers des CLSC.

Élaboration des matrices à partir des sources externes

La grande utilité de la littérature s'est révélée dans les secteurs d'activité économique où il n'a pas été possible, faute de ressources, de procéder à des campagnes d'échantillonnage du formaldéhyde. C'est le cas du secteur des fonderies et du groupe 3 où les matrices d'exposition reposent essentiellement sur les données externes et sur la consultation d'experts industriels.

Comparaison des données terrain et des données externes

Dans la majorité des secteurs d'activité économique des groupes 1 et 2 (panneaux agglomérés, autres industries du bois, meuble, pathologie, textile, thanatologie), les données d'exposition en provenance des sources externes ont servi à conforter les auteurs dans l'utilisation des données recueillies sur le terrain au Québec pour l'élaboration des matrices d'exposition. Un exercice de comparaison entre les données terrain et celles des CLSC, de la littérature et de IMIS a été réalisé pour le secteur des panneaux agglomérés par l'élaboration parallèle de matrices à l'aide des différentes sources de données d'exposition littérature et terrain (annexe 3). La comparaison de ces matrices indique un accord intéressant. Force est de constater que l'accord est bon en raison du fait que les concentrations d'exposition moyennes sur 8h sont de part et d'autre très faibles dans ce secteur. Une tendance est cependant notable : les données recueillies sur le terrain sont plus faibles que les données rapportées dans les sources externes. Cette constatation s'explique probablement par le fait que les données de la littérature, des CLSC et des banques de données représentent souvent les pires scénarios, c'est-à-dire que les travailleurs les plus exposés ont fait l'objet des mesurages alors que les données recueillies sur le terrain proviennent de l'échantillonnage de tous les titulaires présents des professions étudiées. L'exercice de comparaison des pics d'exposition n'a pu être réalisé car la littérature ne comporte presque pas de données sur ces niveaux d'exposition.

5.2.2 Mesures en entreprises par l'IRSST

La qualité de l'évaluation de l'exposition des travailleurs dépend d'une part de la stratégie mise en œuvre en milieu de travail et d'autre part, de la précision, de l'exactitude et de la limite de linéarité de la méthode d'échantillonnage et d'analyse.

Idéalement, tous les postes de travail devraient être documentés de façon standardisée et régulière autant au niveau de l'exposition plafond que de l'exposition pondérée sur 8 heures de travail. Cette démarche nécessite un investissement énorme en temps et en ressources et était irréalisable dans le cadre de cette recherche. La stratégie utilisée s'est basée sur les règles de l'art de l'hygiène industrielle soit la documentation des procédés, des tâches effectuées, des variations reliées à l'environnement et à la production et sur l'hypothèse de l'homogénéité de l'exposition des travailleurs occupant les mêmes emplois. L'hypothèse additionnelle de l'homogénéité des établissements dans un même secteur d'activité économique n'était utilisée qu'après la collecte d'informations et la consultation d'experts sur l'uniformité des procédés utilisés dans le secteur en question. Bien que la représentativité du travail effectué les journées de prélèvement ait été confirmée par les travailleurs et les gestionnaires, les résultats reflètent les conditions de production et de climat existantes ces journées-là. Elles ne tiennent compte ni des variations de concentrations normales dans une entreprise ni des variations de concentrations entre les travailleurs occupant un même poste. En hygiène industrielle, cette variation suit habituellement une distribution log-normale. Elle a pu être constatée dans un nombre limité de cas où le nombre d'échantillons le permettait.

Pour l'évaluation de l'exposition moyenne pondérée, la méthode 295-1 offre les caractéristiques acceptables pour obtenir une mesure adéquate de l'exposition quelle que soit la valeur d'exposition moyenne pondérée retenue. Elle permet une mesure en zone respiratoire des travailleurs; elle est spécifique au formaldéhyde et l'erreur combinée de l'échantillonnage et de l'analyse est estimée à 6,7 %. La limite de linéarité de la méthode analytique est de 2 microgrammes, ce qui donne une concentration de 0,08 mg/m3 ou 0,06 ppm au volume d'échantillonnage recommandé. Cela permettrait de déceler jusqu'à 20 % d'une valeur limite d'exposition aussi basse que 0,3 ppm. Une meilleure performance peut être obtenue en augmentant le débit ou la durée de prélèvement.

Seule une méthode à lecture directe avec accumulation de données permet de mesurer des valeurs plafonds. La méthode standard actuelle utilise un moniteur infrarouge avec détecteur photoacoustique. Dû à ses dimensions, cet instrument ne peut être porté par le travailleur. La mesure peut cependant être faite en zone respiratoire du travailleur en y fixant une sonde si elle n'interfère pas avec l'accomplissement de la tâche. De plus, le fait que l'instrument doit être transporté sur un chariot limite l'accès à des zones ou postes de travail. La principale limitation de cet instrument est due aux interférences c'est-à-dire à des produits présents en milieu de travail qui ont des longueurs d'ondes d'absorption semblables à celles utilisées pour la mesure du formaldéhyde. L'instrument permet de contourner ce problème par l'installation d'autres filtres et la mesure appelée « interférences croisées », où le produit interférant mesuré par l'autre filtre est soustrait de la mesure de formaldéhyde. Ceci a été fait pour l'humidité et le méthanol. Cependant, d'autres produits ont à notre avis créé de l'interférence sur la lecture sans que l'on soit en mesure de la quantifier. Ainsi, la présence de phénol dans l'industrie des panneaux OSB, celle du toluène

dans les laboratoires de pathologie et celle des solvants dans l'industrie du meuble ont influencé la lecture de l'instrument. Il a également été constaté que cet instrument est sensible aux vibrations (créées par exemple par le passage de chariots élévateurs). La limite inférieure de linéarité est de 0,12 ppm soit 40 % de la valeur minimum proposée de 0,3 ppm. Il faut noter que les niveaux de base lus avec cet instrument dans des environnements sans formaldéhyde se situent entre 0,1 et 0,2 ppm. Cet instrument permettrait aussi de documenter la fréquence des pics de concentrations; pour être utile, cette information doit cependant être mise en lien avec la présence du travailleur lorsque ces pics se produisent.

Il existe d'autres instruments à lecture directe de formaldéhyde fonctionnant par infrarouge, par pile électochimique et par colorimétrie. Les informations techniques sur leurs performances notamment en ce qui a trait aux interférences sont limitées et celles portant sur les composés d'intérêt tels que le phénol et certains solvants ne sont pas disponibles. La connaissance de ces principes de détection laisse cependant présager le même type de problème.

5.2.3 Autres sources

L'existence de données d'exposition pour le formaldéhyde dans la base LIMS de l'IRSST signifiait que des mesurages avaient été réalisés par les CLSC dans des établissements donnés. Un petit nombre seulement de rapports d'hygiène industrielle de CLSC a cependant pu être obtenu pour certains secteurs d'activité économique des groupes 1 et 2. En l'absence d'un protocole officiel parrainé par la CSST pour l'obtention systématique de ces documents, il a d'abord fallu obtenir l'assentiment des établissements de manière à respecter la politique officielle de confidentialité des CLSC. De plus la qualité des rapports compilés était inégale pour les fins de cette recherche. Les rapports des CLSC sont produits dans le cadre de l'élaboration des programmes de santé spécifiques aux établissements en vertu de l'article 113 de la LSST. Étant donné que ces documents s'adressent aux établissements, le plus souvent les rédacteurs ne jugent pas à propos de donner de détails sur la nature du procédé, les postes de travail, les professions, les matières premières, les conditions de ventilation et autres déterminants de l'exposition. En conséquence, il devient parfois difficile de juger de la signification et de la représentativité des niveaux de contaminants rapportés. Il n'en demeure pas moins que ces rapports sont précieux pour une étude d'impact car ils concernent des établissements québécois : si du formaldéhyde a été mesuré dans la zone respiratoire d'un vernisseur de meuble, on peut conclure que l'établissement utilise un vernis à catalyse acide et qu'il doit être compté parmi les établissements exposant ses travailleurs au formaldéhyde.

Les données d'exposition en provenance des entreprises elles-mêmes sont généralement difficiles à obtenir. Il a cependant été possible de se procurer de telles données pour le secteur de la fabrication du formaldéhyde et des résines à base de formaldéhyde. Les matrices d'exposition ont d'ailleurs été essentiellement élaborées avec les données de ce secteur.

Dans le cas de l'industrie des plastiques, une ébauche d'enquête par questionnaire téléphonique a été réalisée afin d'obtenir des données sur les résines utilisées chez les fabricants. Le faible taux de réponse, en partie par manque de ressources, ajoute à l'incertitude de certaines conclusions concernant ce secteur, notamment concernant la proportion des établissements utilisant des résines mélamine-formaldéhyde par rapport à celles employant des résines phénoliques. Peut-être

faudrait-il envisager de telles enquêtes en collaboration avec les associations industrielles ou le Ministère du Développement économique et régional afin d'obtenir un meilleur taux de réponse.

Des experts industriels ont été consultés dans tous les secteurs d'activité économique. Le recours à de tels experts est jugé incontournable pour valider les informations obtenues des sources externes (p.ex. meuble), aider à établir la liste des professions normalisées (p.ex. fonderies), comprendre la nature du travail (p.ex. thanatologie), obtenir des données d'exposition (p.ex. fabrication du formaldéhyde et ses dérivés), introduire l'équipe terrain dans les milieux de travail (p.ex. textile), discuter des moyens de maîtriser l'exposition au formaldéhyde (p.ex. panneaux agglomérés).

5.3 Secteurs et professions à risque

Pour les groupes 1 et 2, 94,5 % des 38 110 travailleurs sont exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures inférieure à 0,3 ppm et aucun des travailleurs n'est exposé à une concentration moyenne supérieure à 2,0 ppm. Les travailleurs exposés à des concentrations entre 0,3 et 2,0 ppm se retrouvent dans tous les secteurs de ces deux groupes sauf dans le secteur du placage de bois. Les travailleurs principalement concernés sont directement en lien avec la production principale où le formaldéhyde est utilisé tels que les préparateurs de colles et de résines, les opérateurs de presse, les thanatopracteurs, les pathologistes et les peintres finisseurs. Pour ces travailleurs, la diminution de leur exposition passe par la ventilation à la source. Dans certains établissements où la zone d'expédition est à proximité de la zone de production, les travailleurs y oeuvrant peuvent être exposés à des concentrations moyennes supérieures à 0,3 ppm ppm pouvant être abaissées par de la ventilation générale.

De même, les 22 % de travailleurs pouvant être exposés à des concentrations plafonds supérieures à 0,3 ppm se retrouvent dans tous les secteurs des groupes 1 et 2 à l'exception de celui du placage de bois. Ce sont également les travailleurs directement en lien avec la production principale qui peuvent être exposés lors de la réalisation de tâches spécifiques habituellement de courte durée mais qui peuvent se répéter au cours de la journée. Dans certains de ces cas, le port d'équipements de protection individuelle peut être la solution. S'ajoutent les travailleurs de service tels que les mécanicien et les électriciens qui peuvent être exposés à des concentrations élevées lorsqu'ils ont à aller à la source d'émission. Le port d'équipements de protection individuelle est alors nécessaire. Il est évident que l'ajout de ventilation par extraction et de ventilation générale permettant d'abaisser les concentrations moyennes sous la valeur de 0,3 ppm abaisseront les concentrations plafonds; cependant, la capacité des systèmes d'aspiration à la source à diminuer les concentrations plafonds sous la valeur de 0,3 ppm devra être démontrée notamment dans les cas de la thanatopraxie, de la pathologie et de l'application de vernis sur des meubles.

Pour le groupe 3, 99,7 % des travailleurs qu'il a été possible de recenser seraient exposés à des valeurs moyennes et à des valeurs plafonds inférieures à 0,3 ppm. Les travailleurs exposés sont ceux des laboratoires d'enseignement; cependant, ces expositions bien qu'importantes se produisent sur une courte période de temps soit quelques jours par année. Le nombre de travailleurs du secteur de l'industrie agro-alimentaire n'a pu être déterminé mais l'information recueillie a fait ressortir le sous-secteur des couvoirs comme un milieu de travail où l'exposition

au formaldéhyde peut être très importante à cause de la fumigation qui s'y fait. Le secteur de la fabrication des aliments pour animaux serait également problématique. De même, l'information est manquante dans le secteur de l'habillement où il pourrait y avoir du formaldéhyde à cause des importations massives de vêtements traités par des apprêts d'infroissabilité en provenance des pays en voie de développement.

5.4 Impacts sur la santé

Une discussion détaillée de l'impact sanitaire de l'abaissement de la VEA est rapportée dans l'Annexe 1. Les points les plus importants sont soulevés ci-dessous.

5.4.1 Effets dus à une exposition aiguë

Les données d'études contrôlées disponibles dans la littérature (exposition en chambre d'inhalation) ont permis d'établir une relation entre l'exposition au formaldéhyde et les effets aigus les plus précoces, soit les effets irritants des voies respiratoires supérieures. Ces effets irritants dépendent de la concentration d'exposition en formaldéhyde et non de la durée d'exposition. Ils sont également réversibles de sorte qu'ils cessent dès l'arrêt de l'exposition.

Globalement, les résultats montrent que :

- L'irritation modérée des yeux est celle qui est susceptible d'être la plus fréquente et de toucher le plus de travailleurs. Au total, tous groupes confondus et toutes classes d'exposition confondues, selon nos estimations, le nombre de travailleurs susceptibles de présenter un effet irritant aux yeux est de 526 pour les valeurs plafonds, ce qui représente moins de 0,4% des 143 151 travailleurs des 3 groupes

- L'irritation sévère des yeux n'est susceptible de survenir que pour environ 50 travailleurs, parmi les 143 491, ce qui fait 0,03% de la population. Cet effet ne se manifesterait que dans les cas d'exposition à des valeurs plafonds à 1 ppm ou plus

- L'irritation modérée au nez ou à la gorge est susceptible de survenir chez moins de 326 et 329 travailleurs pour les valeurs plafonds, ce qui représente au maximum 0,2% de la population

- Le respect de la norme actuelle permettrait d'éviter des effets irritants modérés aux yeux chez environ 286 travailleurs, au nez chez 238 travailleurs, à la gorge chez 241 travailleurs, soit, pour ces trois effets, la majorité des effets susceptibles de se produire. Pour les effets irritants sévères aux yeux, le respect de la norme actuelle permettrait d'éviter l'apparition d'effets chez près de 37 travailleurs, soit chez 75% des personnes susceptibles de présenter un effet sévère.

Il faut préciser qu'il est possible que le nombre de sujets affectés par les valeurs plafonds soit surestimé. En effet, ces valeurs n'ont pas été mesurées à l'aide de dosimètres portés par les travailleurs, mais plutôt mesurées à l'aide de stations d'échantillonnages fixes. Il est possible que

dans certains milieux, peu de travailleurs s'y rendre. De plus, le port de protection respiratoire n'est pas pris en compte.

Par ailleurs, il n'est pas possible, d'après les données disponibles, de savoir si les travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants aux yeux, sont les mêmes ou différents de ceux qui sont susceptibles de présenter des effets au nez ou à la gorge. De fait, on ne peut savoir si les effectifs calculés sont additifs ou inclusifs.

Les données regroupées pour évaluer l'impact sanitaire proviennent indifféremment d'études contrôlées menées sur des sujets sains et sur des sujets asthmatiques. En effet, il a été observé par différents auteurs d'études contrôlées que les sujets asthmatiques ne sont pas plus sensibles aux irritations que les sujets non asthmatiques pour des concentrations jusqu'à 3 ppm (8, 14, 24bis).

Le risque calculé pourrait être conservateur par rapport à la réalité puisqu'il est évident que les travailleurs exposés au formaldéhyde auront tendance soit à se protéger soit à éviter l'exposition dès qu'ils auront perçu l'odeur. Or le seuil de perception de l'odeur est très faible, se situant entre 0,04 ppm et 1 ppm selon les différents auteurs et surtout bien inférieur aux concentrations produisant des effets, ce qui implique que les travailleurs puissent être moins exposés que ce que reflètent les données. À l'inverse, l'étude menée ne concerne que l'exposition et l'impact sur la santé du formaldéhyde alors qu'en milieu de travail, il est rare que les travailleurs ne soient exposés qu'à une seule substance. Il se peut que la présence d'autres substances irritantes ou de poussières de bois exacerbent l'effet irritant du formaldéhyde et augmente le risque pour la santé des travailleurs.

Néanmoins, les plaintes dues à l'exposition au formaldéhyde signalées à la CSST sont plutôt rares. Concernant les cas de retrait préventif, 11 cas furent déclarés en 4 ans parmi 6 codes CAEQ concernés, 4 secteurs d'activité et 9 professions différentes (1).

5.4.2 Effets dus à une exposition subchronique

La majorité des études concluent en une absence d'effet du formaldéhyde, pour des concentrations jusqu'au moins 2 ppm en ce qui concerne l'altération des fonctions pulmonaires, le déclenchement de crise d'asthme et la sensibilisation des voies respiratoires. On peut donc supposer que le bénéfice, pour la santé des travailleurs, d'un abaissement de la norme de 2 ppm valeur plafond vers 1, 0,75 ou 0,3 ppm serait faible, voire négligeable, en ce qui concerne les effets dus à une exposition subchronique.

5.4.3 Effets dus à une exposition chronique

Sur la base de l'ensemble des études épidémiologiques, il n'existe qu'une preuve limitée d'association causale entre l'exposition professionnelle au formaldéhyde et l'apparition de cancers.

Sur la base de données animales disponibles, validées par des données épidémiologiques, le modèle du CIIT (85) prédit toutefois un risque d'effet cancérogène dans la population de travailleurs du Québec qui serait négligeable pour des concentrations d'exposition au formaldéhyde inférieures ou égale à 1 ppm, soit moins de 1 travailleur en 40 ans dans l'ensemble du Québec. Les données du CIIT ne donnent pas d'estimation d'excès de risque pour des expositions supérieures à 1 ppm, par contre, le faible nombre de travailleurs compris dans les classes d'exposition entre 1,0 et 2,0 ppm (24 travailleurs au total, pour les valeurs moyennes pondérées) porte à croire que cette classe est trop peu représentée pour augmenter de façon significative le nombre de cas de cancer. De plus, ces estimations d'excès de cancer reposent sur l'hypothèse d'une exposition continue pendant 40 ans pour les travailleurs. Si cette durée s'avère en réalité être plus courte, le risque de cancer sera diminué d'autant.

En outre, les données utilisées par le CIIT pour estimer le risque de cancers étaient issues de groupes d'animaux qui montraient des excès de cancers lorsqu'ils étaient exposés à des concentrations très élevées. À ces concentrations, des effets irritants étaient nécessairement présents, pouvant ainsi causer un effet promoteur et accentuer le risque de cancer. En effet, l'irritation tissulaire peut causer la mort de cellules et induire une réponse inflammatoire et une réparation tissulaire. La multiplication de cellules qui auraient subi une mutation dans ce tissu à un rythme plus rapide que la normale peut augmenter la probabilité d'insuccès de réparation de l'ADN affecté et donc favoriser un accroissement du risque de cancer si la mutation non réparée possède des propriétés cancérogènes. Il faut se rappeler que le mécanisme de réparation d'ADN muté est un mécanisme enzymatique saturable.

5.5 Impacts socio-économiques

Pour ce qui est des avantages économiques qui découleraient d'un abaissement sous la norme plafond actuelle, l'absence d'indicateurs ou d'informations sur la durée et la fréquence de temps perdu, sur la diminution de productivité ou sur tout autre effet des irritations a obligé à poser une hypothèse issue d'informations informelles et non validées[4].

Pour ce qui est des coûts estimés, associés à une valeur d'exposition admissible plus sévère, ceux-ci diffèrent notablement selon que la valeur d'exposition admissible s'exprime en VEMP ou valeur plafond. Les estimations reposent d'une part sur les informations factuelles recueillies lors de la cueillette des déterminants de l'exposition dans les différents secteurs d'activité (nombre et salaires moyens des travailleurs, nombre d'établissements, coût d'exploitation) et, d'autre part sur des informations spécifiques recueillies auprès des personnes ressources de ces secteurs ou d'expertises spécifiques commandées par les auteurs (ventilation, programme de protection respiratoire). En général, les coûts estimés sont valides pour les années 2002-2003. Précisons que les coûts qualifiés d'annualisés (qui sont la somme des variations de coûts d'équipements, de ventilation et de protection respiratoire pour un changement donné de la valeur d'exposition) sont

[4] Cette hypothèse, selon notre appréciation suite aux visites et aux évaluations dans une centaine d'établissements, représente une borne supérieure d'estimation des avantages. Une analyse de sensibilité n'aurait eu comme résultat que de souligner que les avantages étaient, de toute évidence, « économiquement » faibles tout en compliquant sérieusement la présentation des résultats. Dans le cas d'une évaluation d'impact éventuelle où l'évaluation des avantages économiques mettraient en évidence des données quantitatives relativement importantes par rapport aux coûts, il serait alors souhaitable de consacrer les ressources nécessaires à l'exécution d'une analyse de sensibilité pour obtenir des bornes inférieures et supérieures.

les valeurs d'une annuité. Pour calculer celle-ci, le coût d'un équipement (fait l'année du changement), ses coûts récurrents d'entretien et de fonctionnement et les autres coûts annuels sont ramenés en valeur annuelle sous les hypothèses d'un horizon de 10 ans et d'un taux d'intérêt (d'escompte) de 10%. Un horizon plus long et un taux d'intérêt plus faible auraient réduit ces coûts annualisés. Mais, l'option prise ici fut d'évaluer l'impact à court terme d'un changement de la valeur d'exposition admissible, puisque sur le long terme, plusieurs autres facteurs (et « chocs ») entrent en jeu concernant les coûts d'exploitation des entreprises et leur rentabilité en général.

Le choix de la marge brute d'exploitation comme critère d'évaluation du « choc » que pourrait représenter un changement de la valeur d'exposition admissible est assez naturel dans la mesure où les coûts supplémentaires sont de même nature que les coûts permettant de l'obtenir (valeur des ventes moins coûts des intrants matériels, énergie, main-d'œuvre). Mais, il reste possible que, dans certains secteurs où il y a un grand nombre de petites entreprises, l'approche par secteur sous-évalue la difficulté de ces petites entreprises à se conformer à la nouvelle valeur d'exposition admissible.

L'établissement de scénarios qui permettent de calculer les coûts des modifications de procédé, de substitution, d'élimination à la source, de ventilation générale et de protection individuelle, est une étape de la démarche qui se base fortement sur l'expertise des auteurs, de consultants ou d'experts dans le secteur à l'étude. Ce développement des scénarios de mise en conformité procède par l'examen de la description du procédé (incluant les matières premières), l'identification des sources d'émission et la détermination de la concentration du contaminant en zone respiratoire des travailleurs. Soulignons que les analyses statistiques qui permettent de décrire suffisamment l'exposition devraient se faire par groupe homogène. L'approche de description par poste de travail et par tâche permet de s'approcher raisonnablement de la description statistique de groupe homogène et de bâtir les scénarios. Les données statistiques par secteur d'activité économique ne sont que rarement utiles à l'analyse d'impact parce qu'elles supposent que toutes les entreprises de ce secteur forment un groupe homogène d'exposition avec les mêmes sources d'émission dans le même environnement. Ceci est rarement le cas même dans des secteurs qui ne comportent qu'un petit nombre d'entreprises comme les panneaux de particules. Les données par industrie, par poste et par tâche sont essentielles à l'amélioration de la précision des études d'impact. La validation éventuelle des scénarios par la collaboration lors de leur mise en application sur le terrain serait extrêmement utile au perfectionnement de l'expertise.

► **Coûts résiduels :** Notons que l'impact de l'abaissement de la valeur d'exposition admissible a été calculé, comme il se doit, sans tenir compte des coûts que devraient consacrer certains établissements ou certains secteurs d'activité économique pour se conformer strictement à la valeur plafond actuelle de 2 ppm. Ces coûts sont cependant disponibles dans les différentes annexes.

De plus, les coûts reflètent l'état actuel de la situation dans les établissements que nous avons étudiés. Il est évident que les variables de coûts ne sont pas toutes indépendantes les unes des autres. Ainsi, les efforts consacrés à l'élimination à la source permettront de diminuer les coûts de protection respiratoire qui sont eux-mêmes dépendant de la répartition des tâches qui, elle, détermine le nombre de travailleurs susceptibles d'être exposés au formaldéhyde.

► **Limite dans les données économiques :** L'industrie des panneaux agglomérés comprend un faible nombre d'établissements. Ainsi certaines données n'ont pas pu nous être divulguées par souci de confidentialité. Les laboratoires de pathologie font partie du service public, de ce fait il est impossible d'évaluer l'impact majeur des coûts pour ce secteur (sauf pour ce qui est d'avancer un impact compte tenu du coût de fonctionnement de l'ensemble des laboratoires d'hôpitaux). De plus, certaines expositions au formaldéhyde n'affectent qu'une petite partie de la population dans un secteur d'activité où il y beaucoup de travailleurs (e.g. les peintres dans la fabrication de meubles; les techniciens de laboratoire dans les hôpitaux etc.). Il est alors impossible d'obtenir des chiffres sur ces sous-groupes dans les bases de données populationnelles. Le recours aux associations professionnelles devient alors une source possible d'information.

► **Normes environnementales :** L'étude d'impact n'a pas tenu compte ni des répercussions que les correctifs pourraient avoir sur les émissions environnementales ni des répercussions sur les populations autres que celles des travailleurs, par exemple les étudiants des laboratoires de pathologie. Notons que le formaldéhyde a récemment été ajouté à l'annexe I de la Loi canadienne sur le protection de l'environnement. Le formaldéhyde est désormais considéré toxique pour l'humain dans l'environnement, ce qui pourrait avoir des conséquences pour les entreprises canadiennes qui émettent du formaldéhyde dans l'air atmosphérique (92).

► **Cours du dollar canadien :** L'impact en général évalué sur la base de la marge brute d'exploitation ne donne pas une image fine de la hausse du coût pour un secteur ou une entreprise car d'autres éléments interviennent dans leur profitabilité. A titre d'exemple, on sait que le secteur manufacturier québécois et certains secteurs, comme celui des panneaux agglomérés ou du meuble en bois, exportent la plus grande partie de leur et importent aussi notamment de l'équipement ou des matières premières. Un changement dans le prix international du dollar canadien peut avoir des répercussions importantes sur la rentabilité des industries selon le degré d'exposition au commerce international. Il y aurait intérêt à développer des modèles qui tiennent compte de ces interactions complexes entre les différents paramètres de l'économie qui peuvent influencer l'impact des modifications aux lois et réglementations.

► **Retraits préventifs :** L'abaissement de la valeur d'exposition admissible du formaldéhyde ne devrait pas avoir d'effet notable sur le nombre de retraits préventifs justifiés par la présence de cette substance. Notons que la décision est prise le plus souvent sur la présence du formaldéhyde dans l'environnement de travail et non pas, directement, en référence à une valeur d'exposition admissible. Sans discuter de la validité de relier le formaldéhyde à des effets tératogènes, la tendance à la diminution du nombre de cas soutient l'évaluation d'une portée économique minime.

5.6 Utilité de la démarche mixte par expertise et mesures d'hygiène industrielle pour une étude d'impacts

OSHA a fait en 1987 et en 1992, deux études d'impacts de l'abaissement de la norme d'exposition au formaldéhyde. Pour l'année 1987, OSHA (93) estimait à 64 millions $ le coût total (équipements et leur fonctionnement; formation et information des employés; retrait médical découlant des symptômes d'irritation et des problèmes respiratoires) pour les industries devant se conformer à une VEMP de 1,0 ppm. En 1992, pour un deuxième abaissement de la norme à 0,75 ppm, une réévaluation a été faite (94). L'agence a supposé que toutes les industries s'étaient

conformées à la norme 1,0 ppm et a calculé les coûts supplémentaires sur la base des informations de l'étude conduisant au règlement de 1987. Le coût total du passage de la norme de 1,0 ppm à 0,75 ppm était estimé à 35 millions $. OSHA considérait que le coût des deux règlements était inférieur au seuil critique de la « règle majeure » (effet de 100 millions $ ou plus) et n'entraînerait pas d'effets négatifs significatifs pour l'économie, un secteur d'activité ou une entreprise. En outre, OSHA estimait que les dispositions de 1992 permettraient d'éviter entre 0,2 et 79 cancers sur un horizon de 45 ans avec le seuil de 0,75 ppm.

En réponse à la demande de la CSST sur l'impact d'un abaissement de la norme d'exposition au formaldéhyde au Québec, la question se pose à savoir si les coûts estimés par OSHA auraient pu être transposés directement pour le Québec sur la base de l'importance relative des secteurs d'activités américains et québécois ? La réponse est non, et ce pour plusieurs raisons :

- Premièrement, il aurait été délicat de supposer que les seuls secteurs exposés (selon les mêmes plages) étaient les mêmes. Par exemple, presque 43% du coût total des 99 millions$ estimé par OSHA pour les deux règlements étaient imputables à 2 secteurs (fonderies, habillement / produits textiles). Les deux autres secteurs suivants avec les coûts les plus importants étaient les laboratoires médicaux (9 millions $) et le secteur des meubles en bois (14 millions $). Ces données d'OSHA se rapportent à des informations du début des années 1980. Il est évident que depuis ce temps, des procédés ont changé et des améliorations ont pu être apportées pour la protection de la santé des travailleurs au Québec à cause de la mise en place des exigences de la loi SST de 1979
- Deuxièmement, il aurait fallu trouver un indicateur de gonflement des coûts (des années 1980 aux années 2000). Le choix d'un tel indice n'est pas évident
- En troisième lieu, outre les coûts d'équipements de ventilation (et ses coûts d'opération), OSHA a supposé d'une part (coût de formation et d'information) que tous les employés exposés recevraient une formation d'une demi-heure chaque année; et d'autre part (coût du retrait médical) que 10% des employés exposés à un niveau entre 0,1 ppm et 0,5 ppm rapporteraient des symptômes d'irritation et des problèmes respiratoires et se retireraient de l'emploi pour deux semaines (avec compensation) et que 1% des employés devraient être déplacés vers un autre emploi. Il aurait été aussi difficile de transposer ces types de coût pour le Québec sans en justifier l'acceptabilité selon nos connaissances actuelles sur la toxicologie du formaldéhyde. Ni les données de la CSST ni les informations recueillies dans les établissements ne permettent de conclure qu'il y a eu des retraits du travail suite à une exposition au formaldéhyde. Nous n'avons tenu compte que des retraits de courte durée de la source d'émission
- Quatrièmement, OSHA n'a pas calculé de coût pour la mise en place d'une valeur plafond, comme celle actuellement en vigueur au Québec
- Enfin, il aurait été téméraire de supposer que la structure des secteurs d'activité d'OSHA et les méthodes de production (au début des années 1980), et notamment les secteurs appartenant au secteur manufacturier, soient les mêmes qu'au Québec pour les années 2000.

Nous avons déjà souligné qu'au Québec, on ne disposait pas de données exhaustives, publiques ou privées, sur les niveaux d'exposition provenant de la surveillance des expositions, dans tous les secteurs d'activités, d'où l'utilisation de la démarche d'analyse par expertise et par mesurages d'hygiène industrielle. Néanmoins, la classification réalisée par OSHA des secteurs d'activité

économique en 3 grands groupes selon l'exposition a servi de point de départ pour identifier et prioriser les secteurs d'activité potentiellement exposés au Québec. Une base de données provinciales serait d'un apport majeur aux études d'impact et en réduirait le coût de façon notable.

La démarche utilisée dans cette recherche a permis non seulement de fournir des éléments de réponse au questionnement de la CSST mais a permis d'amasser une quantité importante d'informations sur un grand nombre de secteurs d'activités au Québec : le nombre d'entreprises, le nombre de travailleurs, les procédés qu'ils utilisent, les sources d'émission de formaldéhyde, les concentrations auxquelles sont exposés les travailleurs et les correctifs à envisager. Cette information se trouve de façon détaillée dans les annexes 3 à 12. Des observations sur les lacunes des systèmes de données existants au Québec ont aussi été faites et pourraient conduire à des améliorations facilitant une telle étude ou d'autres études de type sanitaire, épidémiologique, économique ou autre.

6. OBSERVATIONS ET CONCLUSIONS

La documentation des entreprises québécoises utilisatrices de produits à base de formaldéhyde et des concentrations d'exposition des travailleurs québécois à ce contaminant jumelée à l'établissement d'une relation entre ces expositions et les effets sur la santé nous permettent de fournir des informations fiables bien qu'incomplètes sur les impacts sanitaires et socio-économiques d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde.

6.1 Impacts sanitaires

Les effets suite à une exposition aiguë, subchronique ou chronique au formaldéhyde ont été étudiés. Suite à une exposition aiguë, les effets sur la santé choisis dans le cadre de cette analyse ont été les effets les plus précoces, c'est-à-dire les premiers effets à apparaître. Il s'agit donc des effets irritants des yeux et des voies respiratoires supérieures, principalement le nez et la gorge. La relation entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition d'effets irritants a donc été établie et a permis de calculer le pourcentage moyen de réponse (pourcentage de travailleurs susceptibles de présenter des irritations) selon le site d'effet irritant considéré et la concentration d'exposition ciblée. Les effets ont été catégorisés selon leur sévérité : effet modéré (supportable ou gênant) ou effet sévère.

Les gains peuvent ainsi être exprimés en nombre théorique de travailleurs pour qui les effets irritants seraient évités par l'abaissement de la valeur d'exposition, tel que présenté au Tableau 25 pour l'ensemble des 3 groupes. L'apparition des effets n'étant pas reliée à la durée de l'exposition et puisqu'il ne semble pas y avoir d'effet cumulatif de l'exposition pour les effets irritants, le calcul des gains a été appliqué à l'abaissement de la valeur plafond. Ces gains sont évaluables pour un abaissement de la valeur plafond à 1,0 ou 0,75 ppm. Aucun effet irritant modéré ou sévère n'étant attribuable au formaldéhyde à une concentration inférieure à 0,75 ppm, aucun gain ne serait observé au niveau des effets irritants.

Tableau 25 : Impacts sanitaires – Nombre de travailleurs protégés d'effets irritants suite à une exposition plafond au formaldéhyde

Scénario d'abaissement de la valeur d'exposition admissible	Nombre de travailleurs protégés en fonction de l'effet irritant[1]			
	Modéré - yeux	Sévère - yeux	Modéré - Nez	Modéré - Gorge
EXPOSITION PLAFOND				
1,0 ppm	156	13	68	68
0,75 ppm	240	13	88	88
0,3 ppm[2]	-	-	-	-

[1]N'inclut pas les travailleurs qui seraient protégés par le respect de la norme actuelle
[2]Aucun effet irritant modéré ou sévère ne serait attribuable au formaldéhyde à une concentration inférieure à 0,75 ppm mais ceci n'exclut pas la possibilité d'effets irritants légers.

Le bénéfice, pour la santé des travailleurs, d'un abaissement de la norme de 2 ppm valeur plafond vers 1, 0,75 ou 0,3 ppm serait faible, voire négligeable, en ce qui concerne les effets dus à une

exposition subchronique, puisque la majorité des études concluent en une absence d'effet du formaldéhyde pour des concentrations allant jusqu'au moins 2 ppm, en ce qui concerne l'altération des fonctions pulmonaires, le déclenchement de crise d'asthme et la sensibilisation des voies respiratoires.

Sur la base des estimateurs de cancers du CIIT, le risque d'effet cancérogène dans la population de travailleurs du Québec serait négligeable pour des concentrations d'exposition au formaldéhyde inférieures ou égale à 1 ppm, soit moins de 1 travailleur en 40 ans dans l'ensemble du Québec. Les données du CIIT ne donnent pas d'estimation d'excès de risque pour des expositions supérieures à 1 ppm; par contre, le faible nombre de travailleurs compris dans les classes d'exposition entre 1,0 et 2,0 ppm (24 travailleurs au total, pour les valeurs moyennes pondérées) porte à croire qu'il n'y aurait pas d'augmentation significative du nombre de cas de cancer.

6.2 Impacts socio-économiques

L'impact socio-économique a porté sur les avantages et les coûts potentiels reliés à l'abaissement de la valeur limite d'exposition. Les avantages potentiels se rapportent majoritairement au nombre d'effets irritants évités. Ces gains pourraient aussi être exprimés en coûts épargnés. Ainsi, les coûts évités pour un abaissement de la valeur moyenne pondérée sur 8 heures pourraient aller jusqu'à 6 500$, ce qui est évidemment minime. Les gains pour un abaissement de la valeur plafond sont résumés au Tableau 26.

Tableau 26 : Gains monétaires suite aux irritations évitées par un abaissement de la valeur plafond

Scénario d'abaissement de la valeur d'exposition admissible	Gain monétaire[1]
EXPOSITION PLAFOND	
1,0 ppm	22 100 – 41 275 $
0,75 ppm	28 600 – 81 575 $
0,3 ppm[2]	0 $

[1]N'inclut pas les travailleurs qui seraient protégés par le respect de la norme actuelle
[2]Aucun effet irritant modéré ou sévère ne serait attribuable au formaldéhyde à une concentration inférieure à 0,75 ppm mais ceci n'exclut pas la possibilité d'effets irritants légers.

Dans le cadre de cette recherche, les coûts potentiels qui ont pu être chiffrés monétairement sont associés à l'implantation de correctifs mécaniques notamment de ventilation et à l'utilisation de la protection respiratoire. Il faut noter que les coûts de conformité à la valeur plafond actuelle ont été calculés et soustraits du coût global imputable à l'abaissement de la valeur d'exposition. Le Tableau 27 résume ces coûts.

Tableau 27 : Coûts annualisés des améliorations techniques et de la protection respiratoire

Scénario d'abaissement de la valeur d'exposition admissible	Coûts annualisés[1]
EXPOSITION MOYENNE PONDÉRÉE	
1,0 ppm	Négligeable
0,75 ppm	Négligeable
0,3 ppm	3 720 000 $
EXPOSITION PLAFOND	
1,0 ppm	10 905 000 $
0,75 ppm	12 571 000 $
0,3 ppm	20 793 000 $

[1] Coûts annualisés sur 10 ans à un taux de 10 %

Ces coûts sont plus faibles pour les secteurs de fabrication des panneaux agglomérés, la fabrication d'autres produits du bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines, les fonderies, la finition du textile et la transformation des matières plastiques à base de formaldéhyde. Trois secteurs seraient plus concernés financièrement soit l'industrie de la fabrication des meubles en bois, les laboratoires de pathologie et les services funéraires. Les coûts décrivent bien la difficulté technique d'atteindre une valeur plafond de 0,3 ppm relativement aux valeurs de 0,75 et 1,0 ppm.

6.3 Généralités

Cette étude d'impacts de l'abaissement de la valeur admissible d'exposition au formaldéhyde a nécessité l'apport de plusieurs expertises et la documentation de plusieurs aspects (étude de procédés, concentrations d'exposition, effets sur la santé, données économiques). La démarche utilisée dans cette recherche a permis non seulement de fournir les éléments de réponse au questionnement de la CSST mais a permis d'amasser une quantité importante d'informations sur un grand nombre de secteurs d'activité au Québec et d'observations sur le déroulement et la réalisation d'une telle étude. Les principales conclusions et observations sont les suivantes :

- La méthode à privilégier pour le regroupement de secteurs d'activité économique en fonction d'une problématique spécifique est la documentation des procédés et des produits fabriqués. La littérature s'est avérée utile pour cette étape mais une validation de la situation québécoise est nécessaire soit par consultation d'experts soit par des visites industrielles

- Pour déduire les nombres d'établissements et de travailleurs par activité économique au Québec, les deux bases de données principales utilisées et considérées comme les plus pertinentes sont celles qui proviennent du CRIQ (pour le secteur manufacturier) et de Statistique Canada (pour le secteur manufacturier national et infra provincial et les autres secteurs d'activité économique). La base de données de la CSST n'a pu fournir d'informations fiables et complètes

- Pour les données d'exposition, il n'existe pas au Québec de base de données fiables sur les postes et les professions et sur les concentrations auxquelles les travailleurs peuvent être exposés à divers contaminants

- En raison de son accessibilité, la littérature scientifique est généralement la source la plus utilisée pour obtenir rapidement des concentrations d'exposition. Plusieurs limitations ont été observées dont la variété des méthodes d'évaluation, le manque d'informations sur les postes et les durées d'échantillonnage et la représentativité des tâches évaluées

- Quelle que soit la valeur moyenne pondérée (VEMP) retenue, la méthode standard de l'IRSST pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs est adéquate

- Quelle que soit la valeur plafond retenue (P), il peut y avoir une limitation technique à mesurer l'exposition des travailleurs dans certains milieux de travail (à cause d'autres produits présents) ou dans certaines situations de travail (encombrement dû à l'instrument de mesure)

- Pour les groupes 1 et 2, des 38 110 travailleurs recensés à partir des données du CRIQ et des visites industrielles, 94,5 % sont exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures inférieure à 0,3 ppm, 5 % entre 0,3 et 0,75 ppm, 0,4 % entre 0,75 et 1 ppm et moins de 0,1 % entre 1 et 2 ppm. Aucun travailleur n'est exposé à plus de 2 ppm en valeur moyenne pondérée sur 8 heures. Les travailleurs principalement concernés sont ceux directement en lien avec la production principale où le formaldéhyde est utilisé tels que les préparateurs de colles et de résines, les opérateurs de presse, les thanatopracteurs, les pathologistes et les peintres finisseurs. Pour ces travailleurs, la diminution de leur exposition passe par la substitution ou la ventilation à la source. Dans certains établissements où la zone d'expédition est à proximité de la zone de production, les travailleurs y oeuvrant peuvent être exposés à des concentrations moyennes supérieures à 0,3 ppm pouvant être abaissées par de la ventilation générale

- Pour les groupes 1 et 2, des 38 110 travailleurs recensés dans 1211 établissements, 78 % pourraient être exposés à des concentrations plafonds inférieures à 0,3 ppm, 10,5 % entre 0,3 et 0,75 ppm, 3,5 % entre 0,75 et 1 ppm, 3,9 % entre 1 et 2 ppm et 4,1 % à une concentration supérieure à la valeur admissible actuelle de 2 ppm. Aux travailleurs directement en lien avec la production, s'ajoutent les travailleurs de service tels que les mécanicien et les électriciens. Dans certains de ces cas, le port d'équipements de protection individuelle peut être la solution. Il est évident que l'ajout de ventilation par aspiration et de ventilation générale permettant d'abaisser les concentrations moyennes sous la valeur de 0,3 ppm abaisseront les concentrations plafonds; cependant, la capacité de les diminuer sous la valeur de 0,3 ppm devra être démontrée notamment dans les cas de la thanatopraxie, de la pathologie et de l'application de vernis sur des meubles

- Pour le groupe 3, bien que le nombre de travailleurs est incomplet et que les données d'exposition sont incertaines, on estime qu'environ 99,7 % des travailleurs seraient exposés à une concentration moyenne pondérée sur 8 heures et à une valeur plafond inférieures à 0,3 ppm. Environ 0,3 % seraient exposés à une concentration supérieure à la valeur admissible actuelle de 2 ppm; il s'agit des travailleurs des laboratoires d'enseignement; cependant, ces expositions bien qu'importantes se produisent sur une courte période de temps soit quelques jours par année

- Les données de la littérature ont permis d'établir une relation entre les effets précoces de type irritant et les concentrations d'exposition et ainsi d'estimer le pourcentage de travailleurs susceptibles de présenter des effets irritants sévères des yeux ou des effets irritants modérés des yeux, du nez et de la gorge aux valeurs admissibles d'exposition étudiés

- Sur la base de l'ensemble des études épidémiologiques, on ne peut ni affirmer ni infirmer la présence d'une association causale entre l'exposition au formaldéhyde et l'apparition de cancer pour des expositions inférieures à 2,0 ppm

- Bien que les coûts d'implantation des correctifs soient élevés, les coûts annualisés ne devraient pas susciter une lourde charge socio-économique pour les secteurs de fabrication des panneaux agglomérés, la fabrication d'autres produits du bois, la fabrication de formaldéhyde et de résines, les fonderies, la finition du textile et la transformation des matières plastiques à base de formaldéhyde. La charge économique est plus importante pour les secteurs de la fabrication des meubles en bois, les laboratoires de pathologie et les services funéraires

- Cette charge économique est d'autant plus importante que la valeur admissible diminue; l'abaissement à une valeur limite plafond de 0,3 ppm est sans contredit la plus contraignante monétairement. Il faut également noter que ces coûts n'incluent pas ceux nécessaires au respect de la norme plafond actuelle. De plus, si les conditions économiques (variation des taux de change, baisse des ventes, ralentissement économique...) d'une ou plusieurs industries se sont dégradées depuis 2001, le choc de supporter un changement de la norme sera plus lourd

- L'atteinte d'une valeur plafond de 0,3 ppm pourrait être difficilement réalisable techniquement pour certains procédés ou certaines tâches

- Il n'y a que des bénéfices monétaires minimes à l'abaissement de la valeur admissible d'exposition. Les avantages s'expriment plutôt en effets irritants évités

- L'utilisation de la démarche mixte par expertise et mesurage d'hygiène industrielle s'est avérée pertinente et efficace à répondre à la question sur les impacts sanitaires et socio-économiques d'un abaissement de la valeur admissible d'exposition au formaldéhyde dans le contexte de l'absence de base de données qui fournissent des données exhaustives et de qualité.

7. RECOMMANDATIONS QUANT AUX ÉTUDES D'IMPACTS

Les travaux menés ont permis d'identifier les limites et, par conséquent, les améliorations qui faciliteraient d'éventuelles évaluations d'impact ou d'études de type sanitaire, épidémiologique, économique ou autre. Les principales améliorations seraient :

- Élaborer des bases de données fiables autant sur le nombre d'établissements et de travailleurs par secteurs d'activité économique (bonne codification des établissements) que sur l'exposition des travailleurs en fonction des procédés, des postes et des professions. Il serait souhaitable que le système actuellement en développement (SISAT) tienne compte des besoins des études d'impacts ou autre. Même en présence d'un système SISAT efficace, l'accès aux documents et aux rapports produits par les CLSC devrait être facilité par une entente officielle entre la CSST et le ministère de la santé
- Évaluer les nouveaux instruments à lecture directe du formaldéhyde, favoriser le développement de nouveaux instruments et suivre l'apparition sur le marché de ces nouveaux instruments
- Explorer la faisabilité d'obtention de données économiques plus fines que les données descriptives des secteurs d'activité économique
- Faire une étude de l'effet de l'organisation du travail sur les coûts des correctifs nécessaires (ex : spécialiser les travailleurs d'entretien de façon à limiter le nombre de travailleurs à équiper et à former en protection respiratoire)
- Élaborer des indicateurs pour mieux décrire les avantages socio-économiques des modifications légales ou réglementaires.

Quant à la présente étude, il est recommandé de :

- Documenter l'exposition dans les secteurs où l'information actuellement disponible est insuffisante notamment dans les secteurs de l'industrie agro-alimentaire et de l'habillement, et dans les cas où les petites et moyennes entreprises sont sous-représentées par les données actuelles (ex. secteur des meubles)
- Améliorer les conditions actuelles de travail dans les situations à risque identifiées dans cette étude
- Diffuser largement les connaissances nouvelles acquises lors de cette évaluation d'impact sur le formaldéhyde et organiser un forum de discussion sur la poursuite d'éventuelles évaluations d'impact et leur utilisation.

8. RÉFÉRENCES

1. Perrault G., Goyer N., Hébert F., Duguay P., Ostiguy C., Truchon G., Baril M., Gratton L., Arcan R., Gérin M., Bégin D., Bonvalot Y., Carrier G., Lefebvre P., Pallage S. : Étude préliminaire sur l'évaluation de l'impact d'un abaissement de valeurs d'exposition admissibles pour le formaldéhyde. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal, QC, Rapport R-257. (2000).
2. OSHA : Regulatory impact and regulatory flexibility analysis of the formaldehyde standard. United States Departement of Labor, Occupational Health and Safety Administration (Docket No. 225B. Exhibit No. 206), Washington, DC. (1987).
3. Gérin M., Nadon L., Bergeret A. : Le formaldéhyde en milieu de travail - Revue générale. Travail et santé 1(2):S34-S42. (1985).
4. Bracamonte G.G., Ortiz de Frutos F.J. and Diez L.I. : Occupational allergic contact dermatitis due to formaldehyde and textile finish resins. Contact Dermatitis 33: 139-140. (1995).
5. Scheman A.J., Carroll P.A., Brown K.H. and Osburn A.H .: Formaldehyde-related textile allergy: an update. Contact Dermatitis 38: 332-336. (1998).
6. Edling C., Hellquist H. and Dkvist L. : Occupational exposure to formaldehyde and histopathological changes in the nasal mucosa. British Journal of Industrial Medicine 45: 761-765. (1988).
7. Garry V.F., Oatman L., Pleus R. and Gray D. : Formaldehyde in the home: Some environmental disease perspectives. Minnesota Medicine 63: 107-111. (1980).
8. Green D.J., Sauder L.R., Kulle T.J. and Bascom R. : Acute response to 3.0 ppm formaldehyde in exercising healthy nonsmokers and asthmatics. American Review of Respiratoy Disease 135(6): 1261-1266. (1987).
9. Holness D.L. and Nethercott J.R. : Health status of funeral service workers exposed to formaldehyde. Archives of Environmental Health 44(4): 222-228. (1989).
10. Horvath E.P., Anderson H., Pierce W.E., Hanrahan L. and Wendlick J.D. : Effects of formaldehyde on the mucous membranes and lungs: A study of an industrial population. JAMA 259(5): 701-707. (1988).
11. Kulle T.J., Sauder L.R., Hebel J.R. and Green D.J. : Formaldehyde dose-response in healthy nonsmokers. JAPCA 37: 919-924. (1987).
12. Reed C.R. and Frigas E. : Does formaldehyde cause allergic respiratory disease? Indoor Air and Human Health, Lewis Publishers Inc. (1985).
13. Schachter E.N., Witek T.J., Tosun T. and Beck G.J. : A study of respiratory effects from exposure to 2 ppm formaldehyde in healthy subjects. Archives of Environmental Health 41(4): 229-239. (1986).
14. Sauder L.R., Chatham M.D., Green D.J. and Kulle T.J. : Acute pulmonary response to formaldehyde exposure in healthy nonsmokers. Journal of Occupational Medicine 28(6): 420-424. (1986).
15. Weber-Tschopp A., Fischer T. and Grandjean E. : Irritating effects of formaldehyde on men. International Archives of Occupational and Environmental Health 39: 207-218. (1977).
16. Alexandersson R. and Hedenstierna G. : Pulmonary function in wood workers exposed to formaldehyde : a prospective study . Archives of Environmental Health 44(1) : 5-11. (1989).

17. Andersen I. and Molhave L. : Controlled human studies with formaldehyde. Formaldehyde toxicity. J. E. Gibson. Washington, DC, Hemisphere: 154-165. (1983).
18. Day J.H., Lees R.E.M., Clark R.H. and Pattee P.L. : Respiratory response to formaldehyde and off-gas of urea formaldehyde foam insulation. Canadian Medical Association Journal 131: 1061-1065. (1984).
19. Harving H., Korsgaard J., Pedersen O.F., Molhave L. and Dahl R. : Pulmonary function and bronchial reactivity in asthmatics during low-level formaldehyde exposure. Lung 168: 15-21. (1990).
20. Schachter E.N., Witek T.J., Brody D.J., Tosun T., Beck G.J. and Leaderer B.P. : A study of respiratory effects from exposure to 2.0 ppm formaldehyde in occupationnaly exposed workers. Environmental Research 44: 188-205. (1987).
21. Witek T.J., Schachter E.N., Tosun T. and Leaderer B.P. : An evaluation of respiratory effects following exposure to 2.0 ppm formaldehyde in asthmatics: Lung function, symptoms, and airway reactivity. Archives of Environmental Health 42(4): 230-237. (1987).
22. Pazdrak K., Gorski P., Krakowiak A. and Ruta U. Changes in nasal lavage fluid due to formaldehyde inhalation. International Archives of Occupational and Environmental Health 64: 515-519. (1993).
23. Pross H.F., Day J.H., Clark R.H. and Lees R.E.M. Immunologic studies of subjects with asthma exposed to formaldehyde and urea-formaldehyde foam insulation (UFFI) off products. Journal of Allergy and Clinical Immunology 79(5): 797-810. (1987)
24. Nordman H., Keskinen H. and Tuppurainen M. : "Formaldehyde asthma - Rare or overlooked?" Journal of Allergy and Clinical Immunology 75(1): 91-99. (1985).
24bis. Sauder L.R., Green D.J., Chatham M.D., Kulle T.J. Acute pulmonary response of asthmatics to 3.0 ppm formaldehyde. Toxicology and Industrial Health 3(4): 569-578. (1987).
25. Hayes H.B., Raatgever J.W., De Bruyn A. and Gérin M. : "Cancer of the nasal cavity and paranasal sinuses, and formaldehyde exposure." International Journal of Cancer 37: 487-492. (1986).
26. Partanen T. : "Formaldehyde exposure and respiratory cancer - a meta-analysis of the epidemiologic evidence." Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 19: 8-15. (1993).
27. 't Mannetje A., Kogevinas M., Luce D., Demers P.A., Bégin D., Bolm-Audorff U., Comba P., Gérin M., Hardell L., Hayes R.B., Leclerc A., Magnani C., Merler E., Tobias A. and Boffetta P. : "Sinonasal cancer, occupation, and tobacco smoking in European women and men." American Journal of Industrial Medicine 36: 101-107. (1999).
28. Marsh G.M., Stone R.A., Esmen N.A., Henderson V.L. and Lee K.Y. : "Mortality among chemical workers in a factory where formaldehyde was used." Occup Environ Med 53(9): 613-27. (1996).
29. Stayner L.T., Elliot L., Blade L., Keenlyside R. and Halperin W. : "A retrospective cohort mortality study of workers exposed to formladehyde in the garment industry." American Journal of Industrial Medicine 13: 667-681. (1988).
30. Blair A., Saracci R., Stewart P., Hayes R.B. and Shy C. : "Epidemiologic evidence on the relationship between formaldehyde exposure and cancer." Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 16(6): 381-393. (1990).

31. Blair A.E., Stewart P.A., O'Berg M., Gaffey W., Walrath J., Ward J., Bales R., Kaplan S. and Cubit D. : "Mortality among industrial workers exposed to formaldehyde." JNCI 76(6): 1071-1084. (1986).
32. Collins J.S., Caporossi J.C. and Utidijian H.M.D. : "Letters to the editor : cancers of the nasopharynx and oropharynx and formaldehyde exposure." JNCI 78(1): 191-193. (1987).
33. Collins J.J., Caporossi J.C. and Utidjian H.M. : "Formaldehyde exposure and nasopharyngeal cancer: re-examination of the National Cancer Institute Study and an update of one plant." J Natl Cancer Inst 80(5): 376-7. (1988).
34. Gustavsson P., Jakobsson R., Johansson H., Lewin F., Norell S. and Rutkvist L.-E. : Occupational exposures and squamous cell carcinoma of the oral cavity, pharynx, larynx, and oesophagus: a case-control study in Sweden. Occupational and Environmental Medicine 55: 393-400. (1998).
35. Stayner L.T. and Wegman D.H. : "Smoking, occupation, and histopathology of lung cancer: a case-control study with the use of the Third National Cancer Survey." J Natl Cancer Inst 70(3): 421-6. (1983).
36. Boysen M., Zadig E., Digernes V. and Reith A. : "Nasal mucosa in workers exposed to formaldehyde: A pilot study." British Journal of Industrial Medicine 47: 116-121. (1990).
37. Stayner L., Smith A.B., Reeve G., Blade L., Elliot L., Keenlyside R. and Halperin W.: Proportionate mortality study of workers in the garment industry exposed to formaldehyde." American Journal of Industrial Medicine 7: 229-240. (1985).
38. Pottern L.M., Heineman E.F., Olsen J.H., Raffn E. and Blair A. : "Multiple myeloma among Danish women: employment history and workplace exposures." Cancer Causes Control 3(5): 427-32. (1992).
39. Stroup N.E., Blair A. and Erikson G.E. : "Brain cancer and other causes of death in anatomists." J Natl Cancer Inst 77(6): 1217-24. (1986).
40. Liebling T., Rosenman K.D., Pastides H., Griffith R.G. and Lemeshow S. : Cancer mortality among workers exposed to formaldehyde" American Journal of Industrial Medicine 5(6) : 423-428. (1984).
41. International Agency for Research on Cancer : IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 88 (in preparation). IARC, Lyon, France. (2004).
42. National Institute for Occupational Safety and Health : Current Intelligence Bulletin 34: formaldehyde, evidence for carcinogenicity. DHHS (NIOSH) Publication (1981) [En ligne] Disponible: http://www.cdc.gov/niosh/81111_34.html [17 mai 2004].
43. National Institute of Occupational Safety and Health : Occupational safety and health guideline for formaldehyde – potential human carcinogen. DHHS (NIOSH) Publication (1988). [En ligne]. Disponible : http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0293.pdf [17 mai 2004].
44. American Conference of Governmental Industrial Hygienists : Documentation of the threshold limit values, 6th edition, Volume I, pp. 664-688. ACGIH, Cincinnati, OH. (1991).
45. US. Environmental Protection Agency (1991a) : Integrated risk information system: Formaldéhyde, CAS No. 50-00-0 [En ligne] Disponible: http://www.epa.gov/iris/subst/0419.html [17 mai 2004].

46. National toxicology program : 2002 Report on Carcinogens - Tenth edition : Formaldehyde Gas [En ligne]. Disponible : http://ehp.niehs.nih.gov/roc/tenth/profiles/s089form.pdf [17 mai 2004].
47. ATSDR : Toxicological profile for formaldehyde. US. Department of health and human services. Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta, GA. (1999).
48. Occupational Safety and Health Administration : (1999). Formaldéhyde [En ligne] Disponible: http:www.osha-slc.gov/SLTC/formaldehyde/index.html [17 mai 2004].
49. Occupational safety and health administration : Fact Sheets (Program Highlights) 01/01/1995 – Occupational exposure to formaldehyde. [En ligne]. Disponible: http://www.osha-slc.gov/OshDoc/data_general_facts/formaldehyde-factsheet.pdf [17 mai 2004].
50. Bureau de la statistique du Québec : Classification des activités économiques du Québec, Les Publications du Québec. (1984).
51. Statistique Canada : Classification type des industries 1980. Statistique Canada, Division des normes, Ottawa, ON. (1980).
52. Statistique Canada : Système de classification des industries de l'Amérique du Nord : Canada 1997. Statistique Canada, Division des normes, Ottawa, ON. (1998).
53. Kroschwitz J.I., Ed. Kirk-Othmer : Encyclopedia of Chemical Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY. (1991-1998).
54. Arpe H.J., Biekert E., Davis H.T., Aehle W., Gerrens H., Keim W., McGuire J.L., Mitsutani A., Pilat H., Reece C., Simmons H.E., Weise E., Wirtz R. and Wüthrich H.R., Eds.: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH, Weinheim. (2002).
55. Stewart P.A. and Rice C. : A source of exposure data for occupational epidemiology studies. Applied Occupational and Environmental Hygiene 5(6):359-363. (1990)
56. Tickner J. : Occupational exposure databases. Occupational Health Review N^{0} 89 (January/February):27-31. (2001).
57. IRSST, Direction des Opérations : Guide technique : Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, 7^{e} édition. (2000).
58. IRSST, Direction des Opérations : Analyse du formaldéhyde dans l'air – méthode 295-1. (1995).
59. IRSST, Direction des Opérations : Étalonnage d'un instrument à lecture directe ayant un système de détection par spectroscopie photoacoustique infrarouge - Méthode 39-A (2000).
60. Mulhausen J.R and Diamano J. : A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Press, Fairfax, VA. (1998).
61. Andjelkovich D.A., Janszen D.B., Brown M.H. and Miller F.J. : Mortality of iron foundry workers: IV. analysis of a subcohort exposed to formaldehyde. JOEM 37(7): 826-837. (1995).
62. Gardner M.J., Pannett B., Winter P.D. and Cruddas A.M. : A cohort study of workers exposed to formaldehyde in the British chemical industry: an update." Br J Ind Med 50(9): 827-34. (1993).
63. Hansen J. and Olsen J.H. : Formaldehyde and cancer morbidity among male employees in Denmark. Cancer Causes Control 6(4): 354-60. (1995).

64. Hayes R.B., Blair A., Stewart P., Herrick R.F. and Mahar H. : Mortality of U.S. embalmers and funeral directors. American Journal of Industrial Medicine 18(6): 641-652. (1990).
65. Walrath J. and Fraumeni J.F., Jr. : Mortality patterns among embalmers. Int J Cancer 31(4): 407-11. (1983).
66. Walrath J. and Fraumeni J.F., Jr. : Cancer and other causes of death among embalmers. Cancer Res 44(10): 4638-41. (1984).
67. Blair A., Stewart P.A., Hoover R.N., Fraumeni J.F., Jr., Walrath J., O'Berg M. and Gaffey W.: Cancers of the nasopharynx and oropharynx and formaldehyde exposure. J Natl Cancer Inst 78(1): 191-3. (1987).
68. Matanoski G.M. : Risks of pathologists exposed to formaldehyde, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati (Ohio), 45 p. (PB91-17682). (1989).
69. Brinton L.A., Blot W.J., Becker J.A., Winn D.M., Browde, J.P., Farmer J.C., Jr. and Fraumeni J.F., Jr. : A case-control study of cancers of the nasal cavity and paranasal sinuses. Am J Epidemiol 119(6): 896-906. (1984).
70. Vaughan T.L., Clifton S., Davis S. and Daling J.R. : Formaldehyde and cancers of the pharynx, sinus and nasal cavity: I. Occupational exposures. International Journal of Cancer 38: 677-683. (1986).
71. Olsen J.H., Jensen S.P., Hink M., Faurbo K., Breum N.O. and Jensen O.M. : Occupational formaldehyde exposure and increased nasal cancer risk in man. International Journal of Cancer 34: 639-644. (1984).
72. Roush G.C., Walrath J., Stayner L., Kaplan S.A., Flannery J.T. and Blair A. : Nasopharyngeal cancer, sinonasal cancer, and occupations related to formaldehyde: A case-control study. JNCI 79(6): 1221-1224. (1987).
73. Luce D., Gérin M. and Leclerc A. : Sinonasal cancer and occupational exposure to formaldehyde and other substances. International Journal of Cancer 53: 224-231. (1993).
74. Luce D., Leclerc A., Bégin D., Demers P.A., Gérin M., Orlowski E., Kogevinas M., Belli S., Bugel I., Bolm-Audorff U., Brinton L.A., Comba P., Hardell L., Hayes R.B., Magnani C., Merler, E., Preston-Martin S., Vaughan T.L., Zheng W. and Boffetta P. : Sinonasal cancer and occupational exposures: a pooled analysis of 12 case-control studies. Cancer Causes and Control 13(1): 147-157. (2002).
75. Armstrong R.W., Imrey P.B., Lye M.S., Armstrong M.J., Yu M.C. and Sani S. : Nasopharyngeal carcinoma in Malaysian Chinese: occupational exposures to particles, formaldehyde and heat. International Journal of Epidemiology 29(6): 991-998. (2000).
76. Hildesheim A., Dosemeci M., Chan C.-C., Chen C.-J., Cheng Y.-J., Hsu M.-M., Chen I.-H., Mittl B.F., Sun B., Levine P.H., Chen J.-Y., Brinton L.A. and Yang C.-S. : Occupational exposure to wood, formaldehyde, and solvents and risk of nasopharyngeal carcinoma. Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention 10: 1145-1153. (2001).
77. Laforest L., Luce D., Goldberg P., Bégin D., Gérin M., Demers P.A., Brugère J. and Leclerc A.: Laryngeal and hypopharyngeal cancers and occupational exposure to formaldehyde and various dusts: a case-control study in France. Occupational and Environmental Medicine 57: 767-773. (2000).
78. Merletti F., Boffetta P., Ferro G., Pisani P. and Terracini B. : "Occupation and cancer of the oral cavity or oropharynx in Turin, Italy." Scand J Work Environ Health 17(4): 248-54. (1991).

79. Olsen J.H. and Asnaes S. : Formaldehyde and the risk of squamous cell carcinoma of the sinonasal cavities. Br J Ind Med 43(11): 769-74. (1986).
80. Vaughan T.L., Stewart P.A., Teschke K., Lynch C.F., Swanson G.M., Lyon J.L. and Berwick M.: Occupational exposure to formaldehyde and wood dust and nasopharyngeal carcinoma. Occupational and Environmental Medicine 57: 376-384. (2000).
81. West S., Hildesheim A. and Dosemeci M. : Non-viral risk factors for nasopharyngeal carcinoma in the Philippines: results from a case-control study. International Journal of Cancer 55: 722-727. (1993).
82. Blair A., Stewart P.A. and Hoover R.N. : Mortality from cancer among workers employed in formaldehyde industries. American Journal of Industrial Medicine 17: 683-699. (1990).
83. Collins J.J., Acquavella J.F. and Esmen N.A. : An update meta-analysis of formaldehyde exposure and upper respiratory tract cancers. JOEM 39(7): 639-649. (1997).
84. Partanen T., Kauppinen T., Hernberg S., Nickels J., Luukkonen R., Hakulinen T. and Pukkala E.: Formaldehyde exposure and respiratory cancer among woodworkers - an update. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 16: 394-400. (1990).
85. Chemical Industry Institute of Toxicology (CIIT), Casanova M., Conolly R.B., Everitt J., Gross B., Heck H.D.A., Janszen D.B., Kimbell J.S., Lilly P.D., Miller F.J., Morgan K.T., Preston J., Schlosser P.M., Subramaniam R., Felter S. and Overton J. : Formaldehyde: hazard characterization and dose-response assessment for carcinogenicity by the route of inhalation. Revised edition. Research Triangle Park, NC, Chemical. (1999).
86. Botkin A. and Conway H. : Relevance of Exposure Data to Regulatory Impact Analyses: Overcoming Availability Problems. Applied Occupational and Environmental Hygiene 10(4):383-390. (1995).
87. Leblanc R. : Révision de la norme d'exposition au formaldéhyde aux États-Unis - Méthodologie de l'analyse d'impact. Rapport de travail dirigé présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade Maître ès science (M.Sc.), Département de santé environnementale et santé au travail, Faculté de médecine, Université de Montréal, Montréal. (2003).
88. Leblanc R., Beaudry C., Bégin D. et Gérin M. : Révision de la norme d'exposition au formaldéhyde aux États-Unis : méthodologie de l'analyse d'impact. In: Actes du 25e Congrès de l'AQHSST : Cultures préventives, des attitudes... aux habitudes, pp. 182-191, Trois-Rivières. 7-9 mai (2003).
89. OSHA : Preliminary regulatory impact and regulatory flexibility analysis of the proposed standard on formaldehyde. United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (Docket No. 225. Exhibit No. 81), Washington, DC. (1985)
90. Froines J.R., Baron S., Wegman D.H.and O'Rourke S. : Characterization of the Airborne Concentration of Lead in U.S. Industry. American Journal of Industrial Medicine 18:1-17. (1990).
91. Linch K.D., Miller W.E., Althouse R.B., Groce D.W.and Hale, J.M. : Surveillance of Respirable Crystalline Silica Dust Using OSHA Compliance Data (1979-1995). American Journal of Industrial Medicine 34:547-558. (1998).

92. Gouvernement du Canada : Décret d'inscription de substances toxiques sur la protection de l'environnement (1999). Gazette du Canada, Partie II, 137(12) :1369-1375,http://www.ec.gc.ca/Ceparegistry/documents/orders/g2-13712_o1.pdf (4 juin 2003)
93. OSHA : Occupational exposure to formaldehyde – Final Rule. Federal register 52 (233): 46168-46312. (1987).
94. OSHA : Occupational exposure to formaldehyde – Response to court demand : Final rule. Federal register 57 (102) : 22290 – 22328. (1992).

9. **Annexe 1 : Impact de l'exposition au formaldéhyde sur la santé humaine**

Voir le document RA1-386

10. **Annexe 2 : Évaluation des coûts de la protection respiratoire**

Voir le document RA2-386

11. **Annexe 3 : Fabrication des panneaux agglomérés**

Voir le document RA3-386

12. **Annexe 4 : Fabrication de produits en bois**

Voir le document RA4-386

13. **Annexe 5 : Fabrication de meubles en bois**

Voir le document RA5-386

14. **Annexe 6 : Fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde**

Voir le document RA6-386

15. **Annexe 7 : Fonderie**

Voir le document RA7-386

16. **Annexe 8 : Laboratoires de pathologie**

Voir le document RA8-386

17. **Annexe 9 : Industrie des services funéraires**

Voir le document RA9-386

18. **Annexe 10 : Industrie de finition textile**

Voir le document RA10-386

19. **Annexe 11 : Industrie de la transformation de la matière plastique**

Voir le document RA11-386

20. **Annexe 12 : Industries du Groupe 3**

Voir le document RA12-386